



## TEMA 2

# Agroforestería y Recursos Naturales

*Francisco Jiménez, Reinhold Muschler*

### SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RECURSOS NATURALES

En este capítulo se discute, basado en el estado de los recursos naturales al nivel global, cómo y dónde la agroforestería puede contribuir a un mejor uso de los recursos naturales. Aunque prácticas agroforestales por sí solas no pueden resolver todos los problemas ambientales, pueden modificar fuertemente el impacto del ser humano sobre su ambiente natural. Se ilustrará este potencial con algunos ejemplos para América Latina.

La degradación de los recursos naturales es una realidad global. El proceso afecta suelos, bosques, tierras agrícolas y hasta ecosistemas marinos como, por ejemplo, arrecifes afectados por suelo erosionado y agroquímicos transportados en el agua (Hillel, 1991). Las causas y consecuencias principales de estos procesos se manifiestan a niveles biofísicos, sociales y económicos (**acetatos 1 y 2**). Uno de los elementos fundamentales en el deterioro de los recursos naturales es el crecimiento demográfico; en efecto, la población de la Tierra crece a razón de 87 millones de personas por año, equivalente a un millón adicional de habitantes cada cuatro días (WRI, 1999). En 1998, la población mundial era de 5929 millones y para el 2025 se proyectan más de 8000 millones de personas, concentrados principalmente en los países menos desarrollados del África Sahariana, Sur de Asia y América Latina (WRI, 1999)

(**acetato 3**). El aumento poblacional reduce drásticamente la disponibilidad per cápita de recursos naturales y aumenta la presión sobre los recursos restantes (**acetato 4**). Por ejemplo, en muchos países en desarrollo, la demanda local de leña para cocinar excede la capacidad de producción de los bosques locales, y cada vez, es necesario recorrer mayores distancias para hallar este recurso (WWI, 1992).

Entre las principales causas de degradación de la tierra están (**acetato 5**):

1. La deforestación.
2. Prácticas agrícolas inadecuadas.
3. El sobrepastoreo.

La primer causa de la degradación de los recursos naturales de diferentes zonas es la pérdida de cobertura forestal. Entre 1945 y 1994, la deforestación causó la degradación de 580 millones de ha (30% de las tierras degradadas) (WWI, 1994). Entre 1990 y 1995, los bosques mundiales fueron reducidos en cerca de 57 millones de ha, correspondiendo a una pérdida promedio anual de 0.3% de su área boscosa. Con una pérdida del 1.3% anual (la más alta del mundo), América Central (incluyendo a México y el Caribe) es una de las regiones de mayor potencial de degradación (**acetato 6**) (WRI, 1999).

La segunda causa de degradación son prácticas agrícolas inadecuadas. Cada año, entre 5 a 6 millones de ha son severamente degradadas por esta causa. Según

el "Worldwatch Institute" (WWI, 1994), entre 1945 y 1994, cerca de 550 millones de ha (37% de las tierras cultivables del mundo) perdieron el horizonte superior por erosión, o han sufrido otras formas de degradación. Un estimado global de erosión indica que la capa superficial del suelo se pierde de 16 a 300 veces más rápido de lo que puede ser reemplazada, dado que los procesos de formación del suelo son muy lentos. En efecto, se requieren entre 200 y 1000 años para formar unos pocos centímetros de suelo bajo condiciones agrícolas normales (WRI, 1999). En contraste, en tierras de pendiente sin protección adecuada por hojarasca o plantas es frecuente encontrar pérdidas de suelo por erosión en el orden de milímetros hasta centímetros en un solo año. La pérdida de 1 cm de suelo equivale aproximadamente a 100 t de suelo por ha, incluyendo grandes cantidades de materia orgánica, nutrientes y microorganismos. Es obvio que un manejo agrícola que no conserva el suelo como el recurso fundamental para toda producción agrícola no puede ser sostenible (Hillel, 1991; Young, 1997). Conservar los suelos y su fertilidad es una de las metas principales para la agroforestería (Nair 1993; Huxley, 1999).

La tercera causa principal de la degradación de recursos naturales proviene de un manejo inapropiado de pasturas. Al nivel mundial, las pasturas cubren 3.4 billones de ha de tierra, más del doble que el área de cultivos. Se estima que el sobrepastoreo con sus consecuencias de la pérdida de la cobertura vegetal, compactación irreversible del suelo, aumento de la erosión, etc., degradó 680 millones de ha entre 1945 y 1994. Esto sugiere que el 20% de las pasturas del mundo están perdiendo productividad y continuarán este proceso, a menos que el tamaño de los hatos sea reducido o

que se implementen prácticas ganaderas más sostenibles (WWI, 1994). En América Central, la situación es igualmente crítica lo que ha generado la necesidad de fomentar nuevos proyectos de recuperación de pasturas degradadas (Szott *et al.*, 2000).

Entre los recursos naturales degradados por las causas mencionadas, el agua y su calidad juega un rol sobresaliente. El agua no solamente es esencial para todos los organismos vivos, sino también es el único medio de transporte de nutrientes en plantas y ecosistemas. Sin agua, no hay procesos hidrológicos ni transporte de elementos en la biosfera. Los efectos se pueden notar en regiones geográficas donde una deforestación fuerte resultó en cambios fuertes de los regímenes de lluvia y una reducción del potencial del suelo para retener humedad y alimentar nacientes de agua (Hillel, 1991). Un ejemplo extremo es la situación actual de Haití, un país caribeño que perdió mucho de sus recursos hídricos como consecuencia de la eliminación casi total de los bosques.

Según proyecciones al nivel mundial, el agua llegará a ser uno de los recursos más críticos en el siglo XXI. Globalmente, el suministro de agua es abundante, pero está mal distribuida entre y dentro de los países (WRI, 1999). En 1997, según las Naciones Unidas, una tercera parte de la población mundial vivió en países con estrés hídrico de moderado a alto (los niveles de consumo exceden 20% el suministro de agua disponible). En el 2025, este problema podría llegar a afectar dos terceras partes de la población mundial (acetao 7). La presión sobre el recurso pone en peligro su calidad, lo que aumenta el riesgo de enfermedades y la salinización de las tierras de regadío (Hillel, 1991; WRI, 1999).

La biodiversidad, otro componente de los recursos naturales, está siendo afectada seriamente, en muchos casos en forma irreversible. Aunque no se sabe con exactitud cuántas especies de plantas y animales han desaparecido durante las últimas dos décadas, se estima que puede ascender a una quinta parte de las especies de la Tierra. Los bosques y selvas tropicales que albergan al menos la mitad de las especies del planeta han sido reducidos a prácticamente la mitad de su área original causando la desaparición de muchas especies vegetales y animales (WWI, 1994). Igualmente, en el campo agrícola, aproximadamente el 30% de las razas de ganado vacuno están a punto de extinguirse, mientras que en la pesca las especies introducidas amenazan a reducir la diversidad genética natural (WWI, 1994).

Considerando todos estos procesos de degradación ambiental surge la pregunta de ¿cómo la agroforestería puede ayudar a aliviar estas amenazas?

## **POTENCIAL DE LA AGROFORESTERÍA EN EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

La agroforestería, aunque es un término relativamente nuevo, se refiere a una práctica vieja de utilizar la tierra. La preocupación internacional creciente por los recursos naturales, la escasez de alimentos y leña, la contaminación y otros problemas ecológicos y sociales han fomentado un mayor interés por la agroforestería. Sin embargo, la agroforestería no puede, por sí sola, resolver todos los problemas de producción y manejo de recursos naturales, sino puede contribuir a superar ciertos problemas biofísicos, socioeconómicos y

ambientales. El **acetato 8** muestra elementos claves de su potencial para el manejo y la conservación de los recursos naturales.

La agroforestería tiene potencial para satisfacer al mismo tiempo tres objetivos importantes: (1) proteger y estabilizar los ecosistemas y agroecosistemas, (2) producir bienes de valor económico (alimentos, combustible, madera, forraje, abonos orgánicos, etc.) y (3) brindar empleo estable, muchas veces con mayores ingresos para la población rural. Ejemplos específicos de beneficios de la integración de árboles con cultivos y pastos son la reducción de los siguientes problemas: vientos fuertes y lluvias erosivas, pérdida de la fertilidad del suelo, escasez de leña y madera, desocupación y falta de recursos económicos en muchos países en desarrollo.

Posiblemente, las zonas con mayor necesidad de usar sistemas agroforestales son las regiones tropicales del mundo (Nair, 1993). Varios argumentos pueden darse para esta afirmación. Por ejemplo, en muchas zonas del trópico, los agricultores cultivan en suelos frágiles, de vocación forestal, en pendientes muy fuertes y donde la cobertura vegetal y arbórea es básica para la conservación de los recursos naturales y la estabilidad del paisaje (Weischet y Caviedes, 1993).

En muchas zonas tropicales existen limitaciones fuertes para utilizar el "paquete tecnológico" de la "revolución verde". La mayor desventaja puede ser que los aumentos de los rendimientos por unidad de área traen un costo muchas veces demasiado alto para los recursos naturales y el ambiente (Gliessman, 1998; Altieri, 1995). Es aquí donde la agroforestería cobra vigencia y potencial (ver Jiménez y Muschler, 2001 y Muschler, 2001 en este

mismo módulo) para contribuir a diferentes escalas y tiempos al manejo sostenible y la conservación de la vegetación, el suelo, el agua y la biodiversidad. Estos temas se explorarán en las secciones que siguen.

### Agroforestería para manejo y conservación de la vegetación

La agroforestería juega un papel preponderante en el manejo y conservación de la vegetación a través de diferentes efectos y funciones (acetato 9). Así, por ejemplo, la siembra de diferentes especies de árboles puede aumentar la diversidad genética vegetal (Nair, 1993; Montagnini *et al.*, 1992). Así, los SAF pueden contener docenas y hasta cientos de especies en huertos caseiros, mientras que muchas plantaciones agrícolas o forestales cuentan con muy pocas especies, a veces una sola. Muchas de estas especies en SAF podrían ser de gran importancia en la producción agrícola y forestal futura. Ellas podrían también proveer un rango amplio de nuevos alimentos y medicinas en beneficio de la salud y la nutrición humana.

Los SAF también pueden jugar un papel importante en el ciclo global del carbono. Esto se logra mediante la acumulación de carbono en la biomasa tanto en raíces vivas y muertas como en la biomasa aérea, y por la prevención de mayor deforestación, ya que los SAF permiten que los agricultores pueden continuar cultivando tierras ya deforestadas (Schroeder, 1993; 1994; Unruh *et al.*, 1993; Sanchez, 1994). Sin embargo, el secuestro de C en SAF no puede resolver el problema de la acumulación del C en la atmósfera, dado que la mayor parte proviene de la quema de C fósil de petróleo y sus derivados. Cuando se cosechan los árboles de los SAF, el C secuestrado temporalmente en ellos se li-

berará otra vez a la atmósfera, con la descomposición de su madera.

Entre los aportes ecológicos de SAF figura su rol en la conservación de nutrientes en los ecosistemas y el aumento de la disponibilidad de algunos, sobre todo nitrógeno, en el suelo superficial. Para el caso del nitrógeno, los árboles pueden proveer este nutriente mediante dos vías: fijación biológica por bacterias asociadas a las raíces y absorción de diferentes formas de nitrógeno de capas profundas del suelo donde las raíces de los cultivos no llegan. Los árboles translocan e incorporan estos nutrientes en su biomasa, la cual al descomponerse los libera en las capas superficiales del suelo. Así, los nutrientes vuelven a ser disponibles también para los cultivos asociados. Evidencia de este proceso ha sido descrita, por ejemplo, para *Faidherbia albida* en el Sahel, donde raíces alcanzan hasta 30 m de profundidad, capturando humedad y nutrientes que pueden ser llevados a la superficie del suelo (Baumer, 1987).

Igualmente importante es el papel de la agroforestería para conservar la vegetación a través de microclimas favorables para otras especies vegetales, protección del suelo, combate de la desertificación y en la interceptación y redistribución de la lluvia que puede evitar el arrastre de semillas, favoreciendo así la regeneración natural de especies valiosas.

Sin embargo, la introducción de árboles en los campos de cultivo y pasturas no siempre tiene solamente efectos positivos. El uso de especies inconvenientes, o su establecimiento inadecuado, pueden tener efectos adversos sobre otras plantas cercanas a los árboles: competencia, por agua y nutrientes o alelopatía por la producción de exudados tóxicos mientras que los

árboles están creciendo y extracción de parte de la materia orgánica y nutrientes acumulados en la madera cosechada.

### Agroforestería para manejo y conservación del suelo

El manejo y la conservación del suelo incluye dos aspectos fundamentales: el control de la erosión y el mantenimiento (o mejoramiento) de la fertilidad. Estos factores están estrechamente ligados y ambos son necesarios para un uso sostenible del suelo. Debido a que muchas de las tierras de ladera se encuentran bajo cultivo, muchas veces intensivo, se trata de encontrar sistemas de producción que permitan un manejo sostenible del suelo. Es justamente en esas situaciones, donde la agroforestería tiene más potencial para ayudar a resolver problemas de uso de la tierra y de manejo y conservación de suelos. Algunos posibles efectos benéficos de la agroforestería sobre el manejo y conservación del recurso natural suelo se presentan en los acetatos 10 y 11.

La evidencia experimental muestra que se debe dar especial interés a la cobertura del suelo. Se considera que una cobertura del suelo del 60% reduce la erosión a niveles bajos, aún sin medidas adicionales como barreras. El potencial principal de la agroforestería para controlar erosión está ligada a su capacidad de mantener una cobertura, mientras que su mayor potencial en el mejoramiento de la fertilidad del suelo está ligada al aporte de materia orgánica y nutrientes (acetato 12).

Las especies agroforestales difieren en su capacidad de influenciar diferentes características del suelo como, por ejemplo, las propiedades químicas (Cadisch y Giller, 1997). Después de un cultivo en callejo-

nes de cinco años en Nigeria, Kang (1993) clasificó varias especies en función de la acumulación de carbono orgánico en la superficie del suelo de la siguiente manera: *Leucaena leucocephala* > *Gliricida sepium* > *Alchornea cordifolia* > *Dactyladenia cokeri*. Las diferencias fueron estrechamente relacionadas a la cantidad y calidad de la biomasa producida por los árboles (ver acetato 12).

El significado relativo de estos diferentes efectos podría variar mucho dependiendo de las condiciones específicas del sitio, de la combinación de especies, de los arreglos cronológicos y espaciales y los métodos de manejo. También hay que considerar que esos efectos pueden tardar varios años para manifestarse.

### Agroforestería para manejo y conservación del agua

El agua es sinónimo de vida y representa, por lo tanto, un recurso natural cuyo manejo y conservación es prioritario en todo el mundo. La agroforestería puede contribuir a este objetivo a través de diferentes vías (acetato 13). La producción agrícola sostenible depende de la calidad y cantidad de agua. Niveles altos de sedimentos y minerales disueltos en ríos y corrientes de agua pueden tener efectos negativos sobre la agricultura, especialmente en las partes bajas de las cuencas así como en la pesca. Los árboles, como las plantas en general, cumplen un papel importante en preservar la calidad del agua. Parte de ese papel se cumple a través de mejorar las propiedades físicas del suelo, principalmente la infiltración que reduce o evita escorrentía superficial y disolución y arrastre de sedimentos. Además, los SAF mejoran el ciclaje de nutrientes, reducen pérdidas por lixiviación y evitan que sustancias po-

tencialmente peligrosos en la lluvia puedan contaminar el agua que drena (Kang y Lal, 1981; Bruijnzeel, 1983).

Las crecidas excesivas de los ríos pueden causar inundaciones y provocar un impacto desastroso sobre los recursos naturales, principalmente en las partes más bajas de las cuencas de montaña. La pesca, por ejemplo, puede ser afectada por los sedimentos que alteran el hábitat y el ciclo de vida de especies acuáticas (Daily *et al.*, 1997). La introducción de árboles en tierras agrícolas o ganaderas en SAF bien manejados puede reducir fuertemente la producción de sedimentos en las cuencas (Hamilton y King, 1983). Por ejemplo, en estudios en Indonesia, se encontró que el arrastre de sedimentos en áreas reforestadas fue solamente la tercera parte de una cuenca agrícola sin árboles (Hardjono, 1980).

Aunque no hay una relación simple de causa y efecto entre la eliminación de la cobertura vegetal y los caudales pico de los ríos y las inundaciones en las partes bajas de las cuencas (Hewlett, 1982), la evidencia sugiere la existencia de al menos un impacto localizado durante lluvias fuertes. Así, la reforestación generalmente resulta en volúmenes y picos más bajos de crecidas en la vecindad inmediata, principalmente en microcuencas. El valor de las coberturas agroforestales en reducir las inundaciones parece ser mayor en suelos profundos donde los árboles pueden mejorar la capacidad de almacenamiento de agua en los suelos.

Por su mayor uso de agua comparado con plantas más pequeñas, los árboles en SAF, más pronunciado para especies de rápido crecimiento, pueden aumentar el consumo de agua y reducir los flujos de agua a los ríos. Por ejemplo, luego de establecer una

plantación de eucalipto en la India, las salidas de agua en la cuenca estudiada disminuyeron en 28% (Mathur *et al.*, 1976). Similarmente, la presencia de árboles tiende a reducir los niveles de las aguas subterráneas (Boughton, 1970; Holmes y Wronski, 1982). Sin embargo, la dinámica de la tabla de agua está sujeta también a prácticas agrícolas. La vegetación agroforestal también influye en otros componentes del ciclo hidrológico. Por ejemplo, la precipitación neta, o sea la lluvia que llega al suelo por goteo directo, goteo desde el dosel y escorrentía por los tallos, generalmente es inferior en los SAF, debido a la interceptación de parte de la precipitación (Jiménez, 1986; Imbach *et al.*, 1989). Un tratamiento detallado del efecto de SAF sobre el ciclo hidrológico al nivel de cuencas hidrográficas se encuentra en Jiménez, 2001 (Tema 4 en este mismo módulo).

### **Agroforestería en el manejo y conservación de la biodiversidad**

La agroforestería tiene un papel importante en la conservación de la biodiversidad animal y vegetal, sobre todo por vía preventiva. Esto se logra mediante la reducción de la presión sobre y deforestación de los bosques y el uso de alternativas sostenibles a la agricultura de tala y quema (Sánchez, 1984; Schroeder, 1993). Los SAF proveen hábitat y alimento para muchos animales, incluyendo aves, insectos y otras formas de vida silvestre. La agroforestería es generalmente considerada el modelo más factible para imitar la sucesión natural y aumentar la biodiversidad de los ecosistemas (Anderson, 1990).

Este tema será tratado con detalle en el capítulo biodiversidad y sistemas agroforestales en este mismo módulo (Harvey, 2001, Tema 5).



## **Algunas causas de la degradación de los recursos naturales**

- Crecimiento acelerado de la población.
- Pobreza e inestabilidad política.
- Escasez de tierras aptas para la agricultura.
- Falta de leña y carbón.
- Avance de la frontera agrícola (a tierras marginales para el cultivo intensivo).
- Tala irracional del bosque.
- Lluvias intensas, suelos frágiles y susceptibles a la erosión.
- Prácticas forestales, ganaderas, agrícolas e industriales inadecuadas; por ejemplo deforestación, sobrepastoreo, quema, manejo inadecuado del riego, uso excesivo de pesticidas, contaminación de cuencas.
- Poco conocimiento y tradición agrícola de muchos de los desplazados a la frontera agrícola.
- Falta de conciencia ambiental y voluntad política-económica para implementar medidas de conservación.
- Limitada asistencia técnica y capacitación para los productores.



## **Consecuencias de la degradación de los recursos naturales**

- Expansión de la agricultura y la ganadería a tierras no aptas para este uso.
- Mayores fricciones sociales, inestabilidad, migración del campo a la ciudad.
- Mayor riesgo de catástrofes para la población (inundaciones, deslizamientos, contaminación, etc.).
- Reducción de ingresos para la población y los países.
- Expansión de la economía campesina de subsistencia.
- Extinción de plantas y animales con potencial para la humanidad y pérdida o alteración de otros recursos naturales (suelo, agua, etc).
- Pérdida de potencial ecoturístico, paisajista, recreativo y científico de muchos sitios.
- Avance de la desertificación.



**Población en 1998 y proyectada para el 2025 en diferentes regiones del mundo y promedio anual de cambio poblacional para el periodo 1995-2000 y 2005-2010**

Región	Población (millones)		Promedio anual de de cambio poblacional (%)	
	1998	2025	1995-2000	2005-2010
Mundo	5 930	8 039	1.4	1.2
Africa	778	1 454	2.6	2.5
Europa	729	701	0.0	-0.1
América del Norte	304	369	0.8	0.8
América Central*	131	189	1.9	1.5
América del Sur	332	452	1.5	1.3
Asia	3 589	4 785	1.4	1.2
Oceanía	29	41	1.3	1.3
Países en desarrollo	4 748	6 819	1.7	1.4
Países desarrollados	1 182	1 220	0.3	0.2

\*Incluye a México y el Caribe.

Fuente: WRI 1999.



**Población y disponibilidad de recursos naturales a nivel mundial en 1990 y proyectado para el año 2010**

<b>Recursos</b>	<b>Año: 1990 (millones)</b>	<b>Año: 2010 (millones)</b>	<b>Cambio total (%)</b>	<b>Cambio per cápita (%)</b>
Población	5290	7030	+33	-
Pesca (ton)	85	102	+20	-10
Tierras bajo riego (ha)	237	277	+17	-12
Tierras agrícolas (ha)	1444	1516	+5	-21
Pasturas (ha)	3402	3540	+4	-22
Bosques (ha)	3413	3165	-7	-30

Fuente: Worldwatch Institute, 1994.



<b>Tierras degradadas por intervención humana, de 1945 a 1994</b>						
<b>Región</b>	<b>Sobre- pastoreo</b>	<b>Defores- tación</b>	<b>Mal manejo agrícola</b>	<b>Otras causas</b>	<b>Área total degra- dada</b>	<b>Área degradada (% del total con vegetación)</b>
	<b>Millones de ha</b>					
Asia	197	298	204	47	746	20
Africa	243	67	121	63	494	22
América del Sur	68	100	64	12	244	14
Europa	50	84	64	22	220	23
América del Norte y Central	38	18	91	11	158	8
Oceanía	83	12	8	0	103	13
Todo el mundo	679	579	552	155	1965	17

Fuente: Worldwatch Institute, 1994.



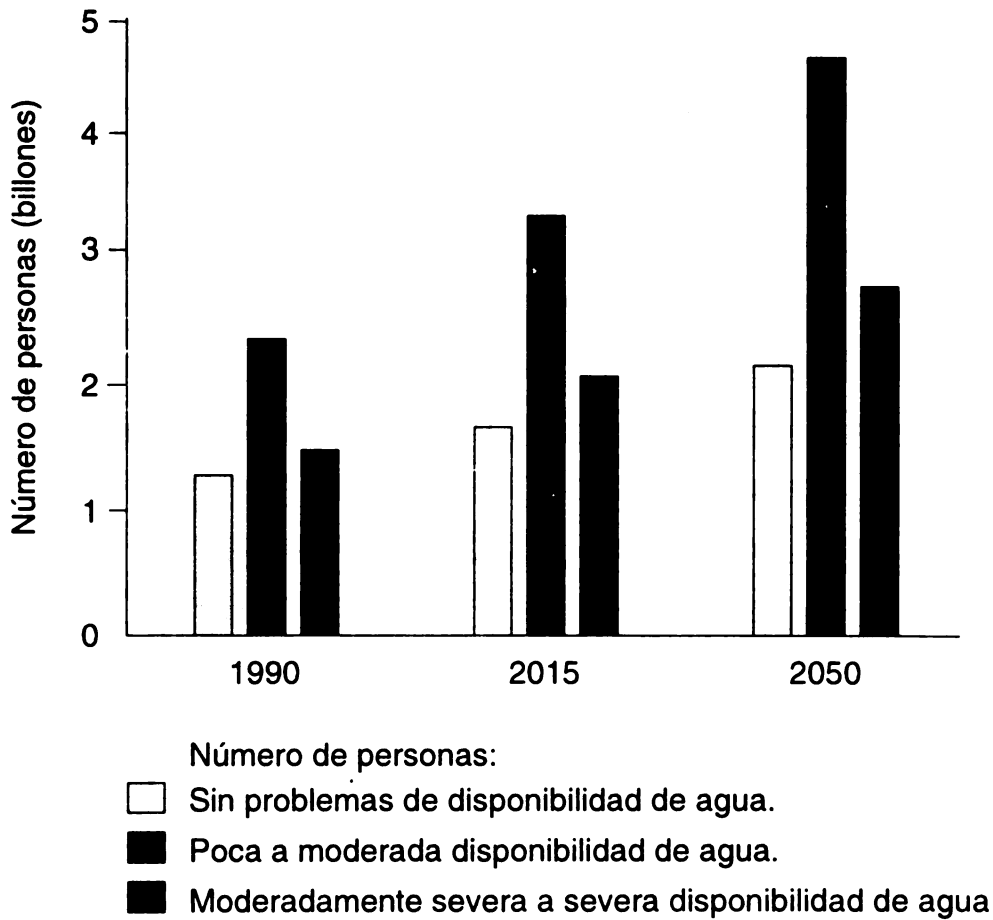
**Cobertura forestal en 1990 y en 1995 en diferentes regiones del mundo y tasa promedio anual de cambio**

Región	Cobertura forestal (millones de ha)		Promedio anual de cambio (%)
	1990	1995	
Mundo	3 511	3 454	-0.3
Africa	539	520	-0.7
Europa	144	146	0.3
América del Norte	453	457	0.2
América Central*	85	79	-1.3
América del Sur	894	871	-0.5
Asia	491	474	-0.7
Oceanía	91	91	-0.1
Regiones tropicales	1 797	1 734	-0.7
Regiones no tropicales	1 714	1 720	0.1
*Incluye a México y el Caribe.			

Fuente: WRI 1999.



## Disponibilidad de agua dulce en el mundo



Fuente: UNEP, 1997.



## **Potencial de la agroforestería en el manejo y conservación de los recursos naturales**

- Es una opción productiva y conservacionista que se puede ajustar a diferentes escenarios biofísicos, socioeconómicos y ambientales.
- Constituye una práctica conocida desde hace muchos años por agricultores de diferentes zonas del mundo.
- Permite la protección y estabilización de los ecosistemas y agroecosistemas.
- Permite producir bienes económicos (alimentos, combustible, madera, forraje, abonos orgánicos, etc.) que pueden reducir la presión sobre los recursos naturales.
- Permite mejorar los sistemas tradicionales o diseñar nuevos sistemas que pueden contribuir al manejo y conservación de los recursos naturales.
- Hay un interés creciente de muchos países y de organismos y donantes de promover la agroforestería y la siembra de árboles en las áreas rurales.



## Agroforestería para manejo y conservación de la vegetación

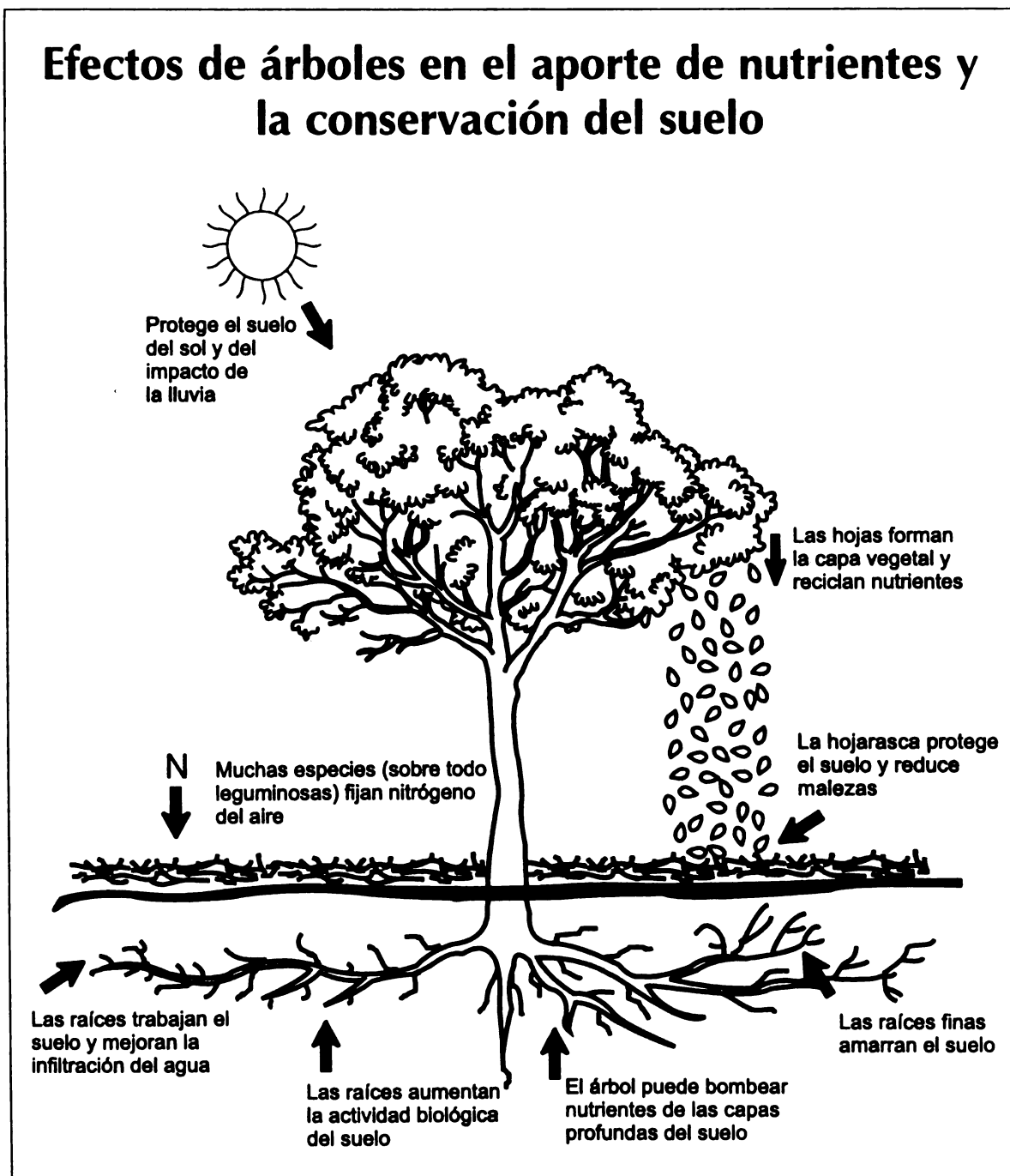
- Reducción de presión sobre los bosques mediante fuentes alternativas para madera, leña, alimentos, etc.
- Condiciones favorables (microclima, suelo, cobertura, etc.) para otras especies vegetales.
- Hábitat y alimento para animales diseminadores y polinizadores (aves, insectos, etc.).
- La sombra en SAF reduce el crecimiento de malezas agresivas que pueden competir con el cultivo.
- Fuente de diversidad genética, fundamental para la producción agrícola futura.
- Combate de la desertificación y así promoción de la conservación de recursos vegetales.
- Interceptación y redistribución de la lluvia puede evitar el arrastre de semillas y favorecer la regeneración natural de las especies.
- Mantenimiento del C en los ecosistemas terrestres por prevención de mayor deforestación y por la acumulación de biomasa en tierras reforestadas con SAF.
- Paisajes más naturales, armoniosos y agradables que inspiran la arborización y conservación de la cobertura vegetal.



## **Agroforestería en el manejo y conservación del suelo**

- Incremento de la materia orgánica a través de la caída de hojarasca, descomposición de raíces y biomasa de podas de árboles y residuos de cosecha.
- Sombreo afecta la descomposición y mineralización de la materia orgánica.
- Transformación de formas inorgánicas de fósforo poco disponibles a formas disponibles para las plantas.
- Redistribución de los cationes potasio, magnesio y calcio en el perfil del suelo.
- Mejoramiento de la agregación/porosidad del suelo (incluye canales de raíces).
- Reducción de la erosión del suelo y de la pérdida de nutrientes.
- Laboratorio natural para la investigación y la enseñanza del manejo y conservación de suelos.





Fuente: modificado de Geilfus F, 1994. *El Árbol al Servicio del Agricultor. Manual de Agroforestería para el Desarrollo Rural.* Turrialba, Costa Rica: ENDA CARIBE/CATIE.



**Contenido de nutrientes en la biomasa de hojas y ramas  
(cinco podas) de cuatro especies leñosas  
(cultivadas a 4 m x 0.5 m) en un Alfisol en Nigeria**

Especies	Biomasa de hojas y ramas (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Contenido de nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> )				
		N	P	K	Ca	Mg
<i>Dactyladenia barteri</i> (Chrysobalanaceae)	3.0	41	4	20	15	5
<i>Alchornea cordifolia</i> (Euphorbiaceae)	4.0	85	6	48	42	8
<i>Gliricidia sepium</i> (Leguminosae)	5.5	169	11	149	66	17
<i>Leucaena leucocephala</i> (Leguminosae)	7.4	247	19	185	98	16

Fuente: Juo y Kang, 1988.



## **Agroforestería en el manejo y conservación del agua**

- Retiene sustancias contaminantes y mejora la calidad física, química y biológica del agua.
- Aumenta la capacidad de almacenamiento de agua en el agroecosistema reduciendo picos máximos.
- Estabilización de taludes y riberas de corrientes de agua, litorales y otras áreas frágiles.
- Reduce la posibilidad de obstrucción de corrientes de agua, canales de riego y, por ende, de inundaciones.
- Reduce la sedimentación de embalses y desembocaduras, evitando así alteraciones en los hábitats y ciclos de vida de especies acuáticas.
- Reduce pérdidas de nutrientes por lixiviación.
- En zona secas, redistribución de agua profunda en la zona radicular.
- Disminución del nivel del agua (capa freática) en el suelo.

## LITERATURA CITADA

- Altieri, M. A. 1995. Agroecology. The Science of Sustainable Agriculture. 2nd ed. Boulder, CO: Westview Press. 433 p.
- Anderson, A. B. (ed.) 1990. Alternatives to deforestation: steps toward sustainable use of the Amazon rainforest. New York, USA. Columbia University Press. 281p.
- Baume, M. 1987. Le rôle possible de l'agroforesterie dans la lutte contre la désertification et la dégradation de l'environnement. Wageningen, Pays-Bas. CTA. 260 p.
- Bosch, J. M. Hewlett, J. D. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology* 55 (1-4): 3-23.
- Boughton, W. C. 1970. Effects of land management on quantity and quality of availability water: a review. Australian Water Resources Council Research Project 68-2, Report No. 120. Manly Vale. University of New South Wales.
- Bruijnzeel, L. A. 1983. Hydrological and biochemical aspects of manmade forests in South-Central Java, Indonesia. Amsterdam, University of Amsterdam.
- Bruijnzeel, L. A. 1990. Hydrology of moist forests and effects of conversion: a state of knowledge review. Paris, France. UNESCO. 224 p.
- Cadisich, G., Giller, K.E. (eds.), 1997. Driven by Nature. Plant Litter Quality and Decomposition. Wallingford, UK: CABI. 409 p.
- Daily, G.C., Alexander, S., Ehrlich, P.R., Goulder L., Lubchenco, J., Matson, P.A., Mooney, H.A., Postel, S., Schneider, S.H., Tilman, D., Woodwell, G.M., 1997. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Ecological Society of America. Issues in Ecology* No. 2. 16 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1989. Forestry and food security. Rome, FAO Forestry Paper No. 90. 128 p.
- Gliessman, S. 1998. Agroecology. Ann Arbor, MI, Sleeping Bear Press. 357 p.
- Imbach, A. C.; Fassbender, H.W.; Beer, J.; Borel, R.; Bonnemann, A. 1989. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y café con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. 6: Balances hídricos e ingreso con lluvias y lixiviación de elementos nutritivos. *Turrialba* 39 (3): 400-414.
- Hamilton, L. S.; King, P. N. 1983. Tropical Forested Watersheds. Colorado, USA. Westview Press. 168 p.
- Hardjono, H. W. 1980. The effect of permanent vegetation and its distribution on streamflow of three sub-watersheds in Central Java. Paper presented at Seminar of Hydrology and Watershed Management. Surakarta. 18 p.
- Hartemink, A. E.; Buresh, R. J.; Jama B.; Janssen, B. H. 1996. Soil nitrate and water dynamics in sesbania fallows, weed fallows and maize. *Soil Science Society of America Journal*: 60: 568-574.
- Harvey, C., 2001. Agroforestería y biodiversidad. In: Jiménez, F., Muschler, R.G. y Köpsell, E. (eds.). Funciones y Aplicaciones de la Agroforestería. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 6. CATIE, Turrialba, Costa Rica, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. p. 97-140.
- Hewlett, J. D. 1982. Forests and floods in the light of recent investigation. In: Hydrological Processes of Forested Areas. Ottawa, Canada. National Research Council. p. 543-560.
- Hillel, D., 1991. Out of the Earth. Civilization and the Life of the Soil. Berkeley, USA, Univ. of California Press. 321 p.
- Holmes, J. W.; Wronski, E. B. 1982. On the water harvest from afforested catchments. In: E. M. O'Loughlin y L. J. Bren (eds.). The first national symposium on forest hydrology. Barton. Institute of Engineers. p. 1-6.
- Huxley, P. 1999. Tropical Agroforestry. United Kindon, Blackwell Science. 371 p.
- Jiménez, F., 2001. Agroforestería y manejo de cuencas. In: Jiménez, F., Muschler, R.G. y Köpsell, E. Funciones y Aplicaciones de la Agroforestería. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 6. CATIE, Turrialba, Costa Rica, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. p. 61-96.

- Jiménez, F., Muschler, R.G., 2001. Introducción a la agroforestería. In: Jiménez, F., Muschler, R.G. y Köpsell, E. *Funciones y Aplicaciones de la Agroforestería. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 6.* CATIE, Turrialba, Costa Rica, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. p. 1-26.
- Juo, A. S. R.; Kang, B. T. 1989. Nutrient effects of modification of shifting cultivation in West Africa. In: J. Proctor (ed.). *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems.* London, U.K, Blackwell Scientific. p. 289-300.
- Kang, B. T. 1993. Alley cropping: past achievements and future directions. *Agroforestry Systems* 23: 141-155.
- Kang, B. T.; Lal, R. 1981. Nutrient losses in water runoff from agricultural catchments. In: Lal y Russell (eds.) *Tropical Agricultural Hydrology.* New York, Wiley and Sons. p. 153.161.
- Mathur, H. N.; Babu, R.; Joshie, P.; Singh, B. 1976. Effect of clearfelling and reforestation on runoff and peak rates in small watersheds. *Indian Forester* 102 (4): 219-226.
- Montagnini, F. et al., 1992. *Sistemas Agroforestales. Principios y Aplicaciones en los Trópicos.* San José, Costa Rica, Organización para Estudios Tropicales. 622 p.
- Muschler, R.G. 2001. Agroforestería y agricultura sostenible: bases ecológicas y limitantes. In: Jiménez, F., Muschler, R.G. y Köpsell, E. *Funciones y Aplicaciones de la Agroforestería. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 6.* CATIE, Turrialba, Costa Rica, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. p. 49-60.
- Nair P. K. R. 1993. *An Introduction to Agroforestry.* Dordrecht: Kluwer. 499 p.
- Palm, C. A. 1995. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry Systems* 30: 105-124.
- Rao, M. R.; Nair, P. K. R.; Ong, C. K. 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 38: 3-50.
- Sánchez, P. A. 1994. Alternatives to slash and burn: a pragmatic approach for mitigating tropical deforestation. In: J. R. Anderson (ed.) *Agricultural technology, policy issues for the international community.* Wallingford, U. K. CABI. P. 451-480.
- Schroeder, P. 1993. Agroforestry systems: integrated land use to store and conserve carbon. *Climate Research* 3: 53-60.
- Schroeder, P. 1994. Carbon storage benefits of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 27: 89-97.
- Szott, L., Ibrahim, M., Beer, J., 2000. The hamburger connection hangover: cattle, pasture land degradation and alternative land use in Central America. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 71 p.
- United Nations Environment Programme. 1997. *Global Environment Outlook-1. Global State of the Environment. Report 1997.*
- Weischet W., Caviedes C. N., 1993. *The Persisting Ecological Constraints of Tropical Agriculture.* Burnt Mill, Harlow, UK, Longman Scientific & Technical. 319 p.
- WRI, 1999. *1998-99 World Resources, A Guide to the Global Environment. Environmental Change and Human Health* World Resources Institute. Oxford University Press. 384 p.
- WWI, 1992. *La situación en el mundo 1992.* Worldwatch Institute. Buenos Aires, Editorial Sudamericana. 311 p.
- WWI, 1991. *La situación en el mundo 1991.* Worldwatch Institute. Buenos Aires, Editorial Sudamericana. 359 p.
- WWI, 1994. *State of the World 1994.* Worldwatch Institute. New York, W.W. Norton & Company. 265 p.
- Young, A. 1988. Agroforestry in the control of soil erosion by water. *Agroforestry Abstracts* 1 (2/3): 39-48.
- Young, A. 1997. *Agroforestry for Soil Management.* Wallingford, UK: CAB International. 320 p.