

SISTEMAS AGROFORESTALES Y GASES INVERNADERO ¹

Robert K. Dixon²

La deforestación, la quema de combustible fósil y muchas otras actividades humanas conducen a la emisión de gases invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) y óxido nitroso (N₂O). La acumulación de estos gases en la atmósfera puede ya haber causado cambios en el clima mundial.

Los bosques y los agroecosistemas juegan un papel prominente en el ciclo global del carbono (Dixon *et al.* 1994a; Brown *et al.* 1993). Los sistemas de uso de la tierra que requieren de cultivo intensivo pueden resultar en emisiones de gases invernadero globalmente significativas (Dixon *et al.*, 1994b). Algunas de las prácticas que causan estas emisiones son las quemas, la fertilización, las intervenciones frecuentes y la labranza. Pero hay otras formas de utilizar la tierra que pueden causar un efecto inverso y de hecho, incrementar el contenido de carbono en el suelo y la vegetación al incrementar las cantidades de dióxido de carbono capturado.

Las prácticas agroforestales como la labranza reducida, la incorporación de residuos de cultivos, la aplicación de abono verde y cieno (sedimentos) en el campo y rotaciones utilizando cultivos de cobertura o cultivos leguminosos, proporcionan o retienen el carbono en los suelos

por décadas, incluso por siglos.

El uso de prácticas de manejo forestal y agroforestal sostenibles en 500-800 millones de hectáreas, en 12-15 naciones claves, podría capturar potencialmente de 0.5-1.5 x 10⁹ toneladas de carbono terrestre que son emitidas actualmente a la atmósfera como gases invernadero. Si se define la agroforestería en forma amplia para incluir sistemas como plantaciones de árboles para leña, sistemas de franjas de protección, cortinas rompevientos y parcelas arbóreas, existe el potencial de capturar dióxido de carbono o neutralizar emisiones de combustible fósil al sustituir la leña y el forraje producido en forma sostenible,



Las quemas, junto con prácticas como la fertilización del suelo y la labranza, producen emisiones de gases de importancia. (Foto G Muñoz)

¹ Traducido de *Agroforestry Today*, Vol 11, Año 2, Ene.-Mar. 1996, por Ariadne Jiménez, CATIE

² Director de la Oficina de Apoyo para Estudios en los Países para Enfrentar los Cambios de Clima de los Estados Unidos, P.O. Box 63, 1000 Independence Avenue SW, Washington, DC 20585, USA; FAX: +1 202 426 1540; Email: csmt@igc.apc.org

por recursos que son cosechados actualmente de los bosques naturales. Si estos sistemas son manejados en forma sostenible, el carbono capturado puede ser almacenado por siglos.

Este artículo da un vistazo al impacto que varias prácticas de establecimiento y manejo podrían tener en el flujo a corto (décadas) y largo plazo (siglos) de gases invernadero, ya sea emitidos a la atmósfera o almacenados en los bancos terrestres de carbono. También examina las prácticas agroforestales de establecimiento y manejo que podrían conservar y capturar carbono por décadas o siglos.

UNA EVALUACIÓN GLOBAL

La evaluación requirió el establecimiento de una base de datos global sobre opciones agroforestales de manejo promisorias que conserven y capturen el carbono terrestre (Winjum *et al.*, 1992). Esto significó recolectar y analizar información sobre prácticas agroforestales en más de 50 naciones representativas de los ecosistemas boreal, templado y tropical en 6 continentes (Dixon *et al.*, 1994b). Existen tres categorías principales para manejar los datos nacionales y regionales: impacto de las prácticas agroforestales sobre el flujo de gases invernadero (emisiones de carbono y nitrógeno); prácticas agroforestales que resultan en un incremento de la biomasa, captura y conservación de carbono; y áreas de tierra potencialmente aptas para prácticas agroforestales (Houghton *et al.*, 1993).

El estudio reveló que algunos componentes de sistemas agroforestales como árboles, suelos y rumiantes determinan parcialmente el flujo neto de gases invernadero. Las prácticas que promueven la emisión de gases invernadero incluyen cultivo migratorio, mantenimiento de pasturas, arrozales, fertilización con nitrógeno y producción de rumiantes. El dióxido de carbono es liberado de la vegetación y los suelos después de la labranza y la cosecha y cuando se quema vegetación o residuos. La producción de rumiantes y los arrozales en sistemas agroforestales producen cantidades de metano que son

significativos a nivel global.

La evaluación de sistemas agroforestales en más de 50 naciones reveló varias formas prácticas de reducir las emisiones de gas invernadero y conservar o capturar carbono en sistemas terrestres (Cuadro 1).

Los sistemas agrosilviculturales, silvo-pastoriles y agrosilvopastoriles pueden, en diversos grados mantener y hasta aumentar las reservas de carbono en la vegetación y los suelos. De hecho, la agroforestería tiende a incluir prácticas sostenibles de bajos insumos que minimicen la alteración de los suelos y plantas y enfatizan la vegetación perenne y el reciclaje de nutrientes, lo cual contribuye a almacenar bancos de carbono y nitrógeno que son estables por décadas o siglos.

Las franjas de protección, cortinas rompevientos, plantaciones de madera para leña, bioreservas y las parcelas forestales son sistemas alternativos de uso de la tierra para aquellas áreas donde los factores demográficos o ambientales excluyen sistemas con componentes complejos o requerimientos de manejo intensivo.

El potencial para el almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en eco-regiones y naciones seleccionadas se presenta en el Cuadro 2. Los valores de almacenamiento de carbono (incluyendo almacenamiento de C bajo el suelo) oscilaron entre 12 y 228 toneladas C ha⁻¹. El potencial para la acumulación de carbono a través de la biomasa es mayor en el trópico húmedo.

Los sistemas silvopastoriles incluyen rumiantes que producen gas metano, pero los sistemas intensivos de cultivo que han sido desarrollados en Australia y en otras partes, tienen una provisión de carbono más balanceada. De igual manera, cuando los sistemas agrosilviculturales con nogal negro (*Juglans nigra*) en Norteamérica son establecidos, éstos pueden ser inicialmente fuentes de gases invernadero, aunque en las décadas finales de la rotación éstos pueden convertirse en bancos de carbono neto, conforme toneladas de carbono son almacenadas en los troncos y sistemas radicales de los árboles maduros.

Cuadro 1. Ejemplos de prácticas dentro de agroforestería que tienen potencial para ayudar a estabilizar las emisiones de gas invernadero y capturar o conservar el carbono en la biósfera terrestre (Brown *et al.*, 1993; Dixon *et al.* 1994b; Unruh *et al.*, 1993).

Sistema agrícola	Reduce emisiones	Conserva/captura C o N
Silvopastoril		
-Remover la materia orgánica de la producción orgánica (conserva el C del suelo)	X	X
-Retener la materia orgánica <i>in situ</i> (conserva C)		X
-Reducir la deforestación y quema de biomasa	X	X
-Modificar la dieta de los rumiantes para disminuir las emisiones de CH ₄	X	
Agrosilvicultural		
-Prácticas de labranza de conservación y de mulch (retiene C del suelo)		X
-Minimizar la erosión causada por el viento y la lluvia (abrigo y cultivo en callejones)		X
-Establecer especies arbóreas perennes de uso múltiple (captura CO ₂)		X
-Manejar el nivel de agua, cultivares, fertilización y cultivo de arrozales	X	X
-Recuperar la tierra degradada		X
Agrosilvopastoril		
-Minimizar la intervención del sitio (labranza, cosecha)	X	X
-Aumentar el P o K del suelo; modificar el pH (estimula la captura)		X
-Utilizar cultivo sostenible en lugar de uno migratorio	X	X
-Recuperar los desechos animales como combustible o materia orgánica	X	
-Establecer leguminosas, reducir la fertilización química del N	X	X

Un creciente consenso entre los análisis diferentes indica que 585-1215 millones de hectáreas de tierra son técnicamente aptas para el establecimiento de nuevos sistemas agroforestales en Africa, Asia, América del Sur y América del Norte (Dixon *et al.*, 1994a) En Africa, esto incluye la tierra que está bajo barbecho, degradada o en praderas boscosas (Unruh *et al.*, 1993) Asia, India y China han iniciado grandes programas para establecer sistemas agroforestales en tierras degradadas.

NEUTRALIZACIÓN DE LAS EMISIONES DE CARBONO

Los análisis nacionales y globales de opciones biológicas y económicas para conservar y capturar carbono en sistemas agroforestales proporcionan solamente un resumen parcial. Los proyectos para neutralizar las emisiones de carbono se planifican e implementan en forma local o regional (Dixon *et al.*, 1993).

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

	Ecoregión	Sistema	Toneladas C ha ⁻¹
Africa	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	silvopastoral	28-51
Norteamérica	tropical húmeda alta	silvopastoral	133-154
	tropical húmeda baja	silvopastoral	104-198
	tierras bajas áridas	silvopastoral	90-175
Asia del Norte	temporal húmedo baja	silvopastoral	15-18

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

Por lo anterior, se consideran dos estudios de caso de programas agroforestales establecidos como proyectos para la neutralización de carbono.

La empresa AES Thames, una subsidiaria de AES Corporation, está invirtiendo dos millones de dólares (US) para establecer sistemas agroforestales y parcelas forestales en Guatemala para ayudar a neutralizar las emisiones de dióxido de carbono de su planta de carbón de 180 megawatts. La AES desarrolló un programa puente de litigación de emisiones de gas invernadero para el desarrollo económico sostenible en agroforestería. Este es el primer proyecto en considerar que la agroforestería puede ser utilizada para neutralizar las emisiones de carbono, por ello planea ayudar a 40 000 agricultores en Guatemala y a plantar más de 52 millones de árboles durante 10 años. Con el manejo de sistemas agroforestales en las fincas y su uso por parte de la comunidad, el Proyecto espera ayudar a reducir la deforestación en el este de Guatemala. Las parcelas forestales y sistemas agroforestales están dirigidos a capturar el dióxido de carbono en la atmósfera y conservar el carbono por medio del manejo de suelos, protección de los árboles contra incendios, patógenos y plagas y proporcionar alternativas para la agricultura de tala y quema. El proyecto trabaja en fincas, estimulando la cooperación entre agricultores y la formación de organizaciones comunales auto-sustentables para establecer, manejar y proteger los sistemas agroforestales más allá de los 10 años del período de inversión.

Para ayudar a neutralizar las emisiones de dióxido de carbono de una unidad de cogeneración de carbón, AES Barbers Point, otra subsidiaria de AES, adjudicó US\$ 2 millones al *The Nature Conservancy* para la compra de tierra y conservación agroforestal. Una contraparte de Nature Conservancy, la Fundación Moisés Bertoni (MBF), invertirá la donación de la AES más otros US\$ 3 millones, en 58 800 ha de bosque tropical en vías de extinción en Paraguay -un bosque que perteneció anteriormente al Banco Mundial-. La tierra fue utilizada originalmente para actividades comerciales por una compañía paraguaya de productos forestales. Los objetivos

a largo plazo del proyecto son promover actividades agroforestales, preservar los bosques tropicales existentes (reservas, biosferas) y crear un sistema de manejo de cuencas sostenible en la frontera entre Brasil y Paraguay.

Durante los próximos 30 años, la AES espera neutralizar aproximadamente 13.1 millones de toneladas de carbono, a un costo estimado de US\$ 1.5 por tonelada.

CONCLUSIÓN

Los sistemas agroforestales pueden ser fuentes o bancos de gases invernadero (Shroeder, 1993) dependiendo de las partes del componente (árboles, cultivos, rumiantes) y la forma en que éstos son establecidos. La selección de las prácticas de establecimiento y manejo agroforestales influye en el flujo espacial y temporal (emisiones o captura) de las reservas de carbono y nitrógeno, en el suelo y la vegetación. Los sistemas agroforestales pueden ser manejados de tres formas para ayudar a estabilizar las emisiones de gas invernadero:

- 1 Pueden capturar dióxido de carbono en plantas y almacenar carbono y nitrógeno a largo plazo en vegetación perenne y suelos.
- 2 Estos sistemas producen comida, combustible y fibra que ayudan a reducir la deforestación y degradación de la tierra.
- 3 Esta producción sostenible de biocombustibles puede neutralizar la quema de combustibles fósiles.

La intensidad del sistema agroforestal manejado es un factor no medido en este análisis, pero que también contribuye significativamente, sea que estos sistemas actúen como fuentes de carbono y nitrógeno o como bancos para ellos (Dixon *et al.*, 1994b).

El manejo de sistemas agroforestales puede alterar significativamente los bancos de carbono bajo el suelo y el flujo de gases invernadero. La conversión del bosque o pastura en agricultura intensiva resulta generalmente en la disminución del carbono en el suelo, debido al incremento en

las tasas de descomposición de materia orgánica y respiración microbial. A la inversa, la labranza de conservación o establecimiento de sistemas agroforestales perennes pueden incrementar la acumulación de carbono. En general, el incremento en la acumulación de carbono en suelos está asociado con prácticas que promueven suelos más frescos (mulch, sombra), más húmedos (mantenimiento de humedales o irrigación) y más fértiles (aumento de nutrientes, plantas fijadoras de N) y suelos con aireación balanceada (labranza limitada, menos intervención). Muchas de estas prácticas tienen beneficios tanto económicos como biológicos y están siendo utilizadas por los agricultores, silvicultores y agroforestales alrededor del mundo.

El incrementar el uso de sistemas agroforestales para conservar y capturar carbono terrestre depende, en última instancia, de demostrar sus beneficios económicos y ambientales. También se requiere un compromiso de las naciones que tienen tierras aptas para tales sistemas. En años recientes, se han iniciado programas nacionales o regionales de manejo de vegetación y suelos en Australia, Brasil, India, Estados Unidos y otras naciones para conservar y capturar carbono en la biósfera terrestre (Dixon *et al.*, 1993). Los programas exitosos tienen una característica común: consideración de las necesidades locales por bienes y servicios acordes con objetivos nacionales o globales, para reducir la acumulación de gases invernadero en la atmósfera. ♦

BIBLIOGRAFÍA

- BROWN S.; HALL C.A.S.; KNABE W.; RAICH J.; TREXLER M.C.; WOOPER P. 1993. Tropical forests: their past, present and future potential role in the terrestrial carbon budget. *Water, Air and Soil Pollution* 70:71-94.
- DIXON R.K.; ANDRASKO K.J.; SUSSMAN F.A.; LAVINSON M.A.; TREXLER M.C.; VINSON I.S. 1993. Forest sector carbon offset programs; near-term opportunities to reduce greenhouse gas emissions to the atmosphere. *Water, Air and Soil Pollution* 70:561-577.
- DIXON R.K.; BROWNS.; HOUGHTON R.A.; SOLOMON A.M.; TREXLER M.C.; WISNIEWSKI J. 1994a. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263:185-190.
- DIXON R.K.; WINJUM J.K.; ANDRASKO K.J.; LEE J.J.; SCHROEDER P.E. 1994b. Integrated systems: assesment of promising agroforest and alternative land-use practices to enhance carbon conservation and sequestration. *Climatic Change* 30 : 1-23
- HOUGHTON R.A.; UNRUH J.D.; LEFEBVRE P.A. 1993. Current land use in the tropics and its potential for sequestering carbon. *Global Biogeochemical Cycles* 7 : 305-320.
- KRANKINA O.N.; DIXON, R.K. 1994. Forest management options to conserve and sequester terrestrial carbon un the Russian Federation. *World Resources Review* 6:88-101.
- SCHROEDER, P. 1993. Agroforestry systems: integrated land use to store and conserve carbon. *Climate Research* 3:53-60.
- UNRUH, J.D.; HOUGHTON, R.A.; LEFEBVRE, P.A. 1993. Carbon storage in agroforestry: an estimate for sub-Saharan Africa. *Climate Research* 3:39-52.
- WINJUM, J.K.; DIXON, R.K.; SCHROEDER, P.E. 1992. Estimating the global potential of forest and agroforest management practices to sequester carbon. *Water, Air and Soil Pollution* 64:213-228.

Turrialba, Costa Rica

Estimado lector:



A partir del noveno número, la revista Agroforestería en las Américas iniciará el cobro de una tarifa por concepto de envío, según la siguiente tabla:

- ♦ Países miembros de CATIE US\$12
- ♦ Otros países de América Latina US\$15
- ♦ Otros destinos US\$35

El pago puede realizarse contra un banco en los

Estados Unidos o por medio de la tarjeta de crédito VISA (favor indicar número de cuenta y fecha de expiración). A partir de éste número los envíos se realizarán previo pago.

Esperamos continuar recibiendo su apoyo, después de circular gratuitamente por dos años promoviendo el intercambio de información agroforestal entre los países de la región y motivando a los lectores a que escriban y nos envíen artículos sobre sus trabajos.

A todos muchas gracias por su colaboración.

AGROFORESTERIA