

La Ratificación del Protocolo de Kioto y el impacto sobre las transacciones globales de Carbono

El incremento de los niveles de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera exige a todas las naciones la definición de objetivos a nivel nacional e internacional y de políticas para la reducción de GEI. La mayoría de los científicos expertos en climatología coinciden en que los objetivos marcados en el Protocolo de Kioto apenas abordan la magnitud del problema pero representa un gran paso hacia la realización de un detallado sistema de contabilidad del Carbono en la tierra, aunque todavía necesitamos mejorar nuestros conocimientos sobre la biosfera y los sumideros del suelo para respaldar de forma satisfactoria las decisiones política que se den en este sentido.

D.C. Reicosky⁽¹⁾

Según muchos científicos, el calentamiento global es una amenaza para la salud del planeta. El consumo de combustibles fósiles en la época moderna para el funcionamiento de motores, calefacciones y bienes de consumo manufacturados entre otros, ha producido un aumento de gases de efecto invernadero (GEI). Algunas de estas emisiones se realizan de forma natural y otras se deben a la acción del hombre. El anhídrido carbónico (CO₂), el óxido nitroso (N₂O) y el metano (CH₄) son tres GEI significativos liberados en la agricultura. Cuando estos gases aumentan en la atmósfera, no dejan escapar el calor, contribuyendo así al efecto invernadero, el cual, a medida que aumenta, deriva en un clima más cálido con un cambio hacia una mayor variabilidad en los modelos climáticos. El consumo elevado de combustible fósil y la deforestación han transformado los grandes depósitos de C fósil de carbón y petróleo en CO₂ atmosférico. La conservación y aumento de la eficiencia del combustible son factores importantes en la reducción de la emisión de CO₂ procedente del uso de combustibles fósiles. Incrementar la cantidad global de C en el suelo

es uno de los métodos propuestos para la reducción de la concentración del CO₂ atmosférico. Los beneficios adicionales de dicho método se basan en su potencial para la mejora simultánea en la producción agrícola y el ecosistema mejorando calidad medioambiental. La Agricultura de Conservación puede desempeñar un papel importante aumentando el C en el suelo y mejorando la calidad medioambiental en nuestros sistemas de producción. Las estrategias internacionales que se manejan para reducir CO₂ en la atmósfera incluyen el secuestro de C por parte del suelo, la silvicultura, y del océano. Otras estrategias tecnológicas para reducir las concentraciones de C incluyen el desarrollo de combustibles energéticamente eficientes y esfuerzos por desarrollar fuentes de energía no consumidoras de C, como las células de combustible de hidrógeno. Todos estos esfuerzos combinados pueden reducir las concentraciones de CO₂ en la atmósfera y pueden ayudar a aliviar el calentamiento global. Todas las preocupaciones internacionales sobre calentamiento global potencial dieron como resultado el Protocolo de Kioto en 1997.

Sumideros de Carbono del suelo

Las concentraciones atmosféricas de CO₂ pueden disminuirse o reduciendo las emisiones o fijando CO₂ de la atmósfera y almacenándolo en los ecosistemas acuáticos terrestres, oceánicos, o de agua dulce. Mientras que el consumo de combustibles fósiles en los motores de combustión o la producción de electricidad de los generadores de carbón se consideran “fuentes” de CO₂, el secuestro de C de la atmósfera y almacenamiento en la biomasa de los árboles o su fijación como la materia orgánica en el suelo se consideran “sumideros”. Un sumidero se define como un proceso o una actividad que captura GEI de la atmósfera. Este proceso de reducción se logra naturalmente, y de manera bastante eficaz, mediante la fotosíntesis. Las plantas toman CO₂ del aire y en presencia de luz del sol y agua, lo transforman en semillas, hojas, tallos y raíces. A través de este proceso se libera oxígeno. Parte del CO₂ es retenido y “secuestrado”, o almacenado, en forma de C en el suelo, por consiguiente, los árboles y bosques repre-



La quema de rastrojos es una fuente de emisiones superfluas de CO₂.

sentan un eficaz sumidero de C mientras que se mantengan, lo que ocurre es que la mayoría de estos sumideros son muy grandes y se trasladan muy lentamente; y generalmente la influencia humana en los mismos es bastante baja, con la posible excepción de los suelos y la agricultura.

El grado en el que los impactos positivos de los “sumideros”, procedentes de los bosques y el suelo, puedan ser considerados y utilizados en el contexto del comercio de emisiones es todavía una cuestión de debate en el IPCC y en otros foros.

La conversión a largo plazo de praderas y bosques en cultivos (y pastos) ha producido pérdidas históricas de C del suelo a nivel mundial, pero hay un gran potencial para incrementar el C del suelo mediante la restauración de suelos degradados y la adopción extensiva de prácticas de conservación del suelo. Muchos investigadores creen que la agricultura tiene el potencial de llegar a ser un gran sumidero de CO₂, si se utilizan las prácticas adecuadas.

La agricultura pues, tiene el potencial para secuestrar (o almacenar) grandes cantidades de C y otros GEI en el suelo (Lal *et al.* 1998; IPCC, 2000). Las actividades que pueden mejorar el almacenamiento de C en los suelos agrícolas incluyen, entre otras prácticas, la plantación de árboles, el paso de una agricultura convencional a una Agricultura de Conservación, adoptando sistemas de cultivo mejorados, llegando a cultivos de planta perenne y restaurando los

humedales. Está claro que la Agricultura de Conservación y mejora de la gestión de los rastrojos tienen mucho potencial para secuestrar C en los suelos agrícolas. Esta perspectiva ha generado un gran interés entre la comunidad científica y entre los políticos de EE.UU. Lal *et al.* (1998) estima el potencial físico de las tierras de cultivo americanas para secuestrar el C entre 75 millones y 208 de millones de toneladas de C al año. Este potencial físico no puede comprenderse, sin embargo, sin políticas que tengan en consideración los intereses de los agricultores. Las políticas en cuestión incluyen un mercado oficial de C y pagos de incentivos directos o subsidios a agricultores a través de un programa gubernamental.

Los sumideros del suelo son complejos

El Protocolo de Kioto sobre el cambio climático plantea permitir a los países absorber algunas de sus emisiones de gases de efecto invernadero utilizando los “sumideros” biológicos. La naturaleza de los sumideros biológicos o de la biosfera es drásticamente diferente a la de otros asuntos más duraderos en el equilibrio del C. La mayoría de las emisiones procedentes de los combustibles fósiles y de la producción de cemento producen un crecimiento firme y lento. La captación por parte de la biosfera depende del clima, la cantidad de precipitación, la temperatura y la radiación, y manifiesta una variabilidad asociada a los principales modelos de tiempo. Tanto la tasa de fotosíntesis así como el secuestro del C están influidos por diversos factores como el clima, las características del suelo, la topografía, las especies y la edad de la biomasa. La acumulación de C secuestrado en el suelo y en los bosques tiende a ser lenta en las fases tempranas de crecimiento, pero se

acelera en el proceso hacia la madurez, para disminuir una vez alcanzada la misma. Los eventos puntuales como los incendios forestales, grandes tormentas y plagas cambian el equilibrio del C de la biosfera continuamente. Estos fenómenos hacen que haya una variación considerable en la captación terrestre y por tanto, pueden dar lugar a una modificación de los sumideros en pocos años. Esta variación temporal supone una limitación y pone en duda la aceptación de créditos de C del suelo. Necesitaremos un mejor entendimiento y controlar el ciclo natural del C si queremos impedir que el CO₂ inunde la atmósfera y arruine nuestro clima. Los suelos y bosques, están destinados a desempeñar un papel importante en este sentido (Lal, 2002).

Hay muchas preguntas sin respuesta sobre la utilidad del suelo y del bosque sobre su consideración como sumideros de C que han levantado dudas sobre la contribución de agricultura. La comunidad científica está trabajando duramente para proporcionar métodos fiables de medida, control y verificación de los volúmenes del C en el suelo. Los sumideros agrícolas se reconocen en el Protocolo de Kioto (particularmente en Artículo 3.4) de una forma limitada. En el primer periodo de análisis del acuerdo de Kioto no se alcanzó un acuerdo internacional sobre la función del suelo como sumidero de C. Los estudios internacionales pueden ayudar a lograr un acuerdo general que incluya informes enfocados sobre procesos de fijación y un informe de IPCC sobre los usos del suelo, los cambios de usos del suelo y la silvicultura y sus efectos potenciales compensatorios sobre los GEI. Las claves para conseguir un conocimiento internacional sobre la fijación del C incluyen pronósticos científicamente contundentes que se desarrollen sobre el potencial de secuestro de las actividades agrícolas y métodos acordados en el ámbito internacional orientados a determinar, informar y verificar los cambios en los

depósitos de C del suelo.

Mientras que la fijación del C a través de la reforestación se permite de manera explícita en el Protocolo de Kioto, no existe ninguna referencia al papel de los suelos agrícolas. El protocolo deja abierta la posibilidad de considerar en el futuro los suelos agrícolas como sumideros, sin embargo, no es probable que los países miembros ratifiquen su inclusión hasta que algunos problemas importantes de aplicación queden resueltos. La inclusión de sumideros en el Protocolo de Kioto es un gran paso para la realización de un sistema de contabilidad de C para el planeta, pero necesitamos mejorar nuestra comprensión de la biosfera para que el Protocolo de Kioto realmente funcione.

Los objetivos principales del secuestro del C no sólo están relacionados con el cambio climático, además, se dirigen a la reducción de la contaminación medioambiental y de la degradación de los recursos naturales. La gestión de los suelos agrícolas puede desempeñar una misión importante. El cultivo intensivo en las prácticas agrícolas modernas rompe el ciclo del C (Reicosky y Lindstrom, 1993; Reicosky, 2001). Suelos que contienen un 75% de C son excelentes sumideros, sin embargo, una vez cultivados, la cantidad de materia orgánica desciende un 20%-50%. La cantidad de CO₂ también puede verse afectada por la acción humana, los incendios, sequías o una estación de crecimiento particularmente favorable. Los agricultores han mostrado con éxito que los suelos agrícolas pueden almacenar más CO₂ de la atmósfera cuando adoptan prácticas que aumentan el rendimiento y reducen el laboreo. El resultado de la adopción de estas prácticas es la mayor absorción de CO₂ durante el periodo de crecimiento de las plantas, transfiriéndose al suelo en forma de C orgánico, en donde se almacena y no se devuelve a la atmósfera. El apoyo y estímulo de buenas prácticas de gestión para reducir la degradación del suelo y la contaminación medio-

ambiental podría ser totalmente coherente con medidas de atenuación para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

El Concepto de los Créditos de Carbono

Para que el C secuestrado por la vegetación pueda usarse como parte del comercio de emisiones, es esencial que se asuma como correcta y defendible la cantidad de C capturada por la biomasa. El mecanismo para el cálculo del C secuestrado en la biomasa se ha de referir a un sistema de contabilidad de C. También es necesario que se aplique un tratamiento correcto de contabilidad a situaciones en que ese C ya no sea secuestrado por la biomasa, debido a la acción del fuego, enfermedad o destrucción de la biomasa. El mecanismo de contabilidad de C debe ser lo suficientemente estable como para que el mercado asegure que la cantidad de C secuestrado pueda considerarse equivalente en su impacto sobre potencial calentamiento global debido al C liberado a la atmósfera por las actividades emisoras de gases de efecto invernadero. Confiar en el sistema de créditos de C es fundamental para fortalecer la fe en la utilización del secuestro del C en un mercado de comercio de C, fundamentando, de ese modo, la inversión en nuevas plantaciones forestales para la creación de nuevos créditos de C generados por su actividad fijadora.

Los cambios en las existencias de C del suelo son difíciles de verificar debido a su heterogeneidad temporal y espacial. La forma más directa para determinar la cantidad fijada por el suelo es medir, con el tiempo, los cambios secuenciales del C en el mismo. Tales medidas son complicadas por la lenta tasa de variación. El C del suelo puede mostrar una significativa variabilidad en campo debida a variaciones en la historia topográfica y de gestión. Se necesitan estudios de manera permanente para cuantificar la capacidad de las actividades agrícolas como

sumideros. Muchos investigadores están de acuerdo en que se necesitan obtener mejores datos sobre los procesos del suelo que afectan al C y aumentar nuestros conocimientos sobre la influencia que puedan tener los cambios de usos y gestión del suelo. Existe la necesidad de desarrollar y estandarizar una metodología que transforme las explotaciones agrarias y forestales en paisajes secuestradores de C. Se espera que la agricultura tome parte en ello, pero los agricultores más punteros deben ser prudentes, deben revisar los mejores estudios disponibles, y deben involucrarse en las decisiones políticas que afecta a este proceso. A pesar de estas preocupaciones, hay grandes motivos para tener la esperanza de que los mecanismos eficaces del mercado o programas de los gobiernos puedan concebirse incluyendo la agricultura como una política eficaz de reducción de GEI.

Las perspectivas del secuestro de carbono, de las políticas y de los Mercados Globales en Desarrollo

El aumento de las concentraciones de GEI en la atmósfera es un problema global que requiere una solución global (Kimble *et al.*, 2002; Lal, 2002). La preocupación sobre los efectos negativos del calentamiento climático como resultado del aumento de los niveles de GEI en la atmósfera ha llevado a las naciones a establecer metas y políticas de reducción de estas emisiones. Los objetivos iniciales para dicha reducción se establecieron en el Protocolo de Kioto en el marco de la Convención para el Cambio Climático de Naciones Unidas, el cual permite el comercio con créditos representativos de reducciones de la emisión verificada y de eliminación de gases de efecto invernadero de la atmósfera (Convención Marco para el Cambio Climático de Naciones Unidas, 1997). El comercio de emisiones podría reducir sobradamente las emisiones netas de gas de efecto invernadero por un menor coste

que sin comercio (Dudek *et al.*, 1997). El almacenamiento de C en suelos utilizando técnicas de Agricultura de Conservación puede ayudar a contrarrestar las emisiones de gases de efecto invernadero además de proporcionar numerosos beneficios medioambientales como el aumento de la productividad, aumento de la infiltración de agua, y mantenimiento de la flora terrestre y de la diversidad de la fauna (Lal *et al.*, 1998; Lal, 2002). El almacenamiento del C en los bosques también puede proporcionar beneficios medioambientales como resultado del incremento de árboles maduros que contribuyen a la fijación del C (Row *et al.*, 1996).

A medida que el interés sobre el secuestro de C por el suelo crece y el mercado de comercio del C se desarrolla, es importante que se realicen políticas apropiadas que prevengan la explotación del C orgánico del suelo y que al mismo tiempo prevean su reemplazamiento y establezcan su valor (Walsh, 2002). Se necesitan también políticas que fomenten el secuestro del C para que crezcan los beneficios medioambientales (Kimble *et al.*, 2002). Para asumir el C como materia prima se necesita determinar su valor de mercado y hacerlo de manera racional. Los agricultores y sociedad se verán beneficiados por el aumento de la calidad del suelo, mayor control de la erosión, reducción de los sedimentos en depósitos y canales, mejo-

ra de la calidad del aire y del agua, y biodegradación de contaminantes y productos químicos. Se prevé que el uso de los mecanismos asociados a los créditos de C ayudará a afrontar el desafío del cambio climático y que las futuras reservas de C permitirán un desarrollo sostenible a un coste social más bajo. Los sistemas de contabilidad de créditos de carbono deben ser transparentes, consistentes, comparables, completos, exactos y comprobables (IPCC, 2000). Otros atributos que ha de incluir el sistema para que sea exitoso es que tenga una participación global y que el mercado tenga liquidez, uniendo diferentes esquemas de comercio, transacciones a bajo coste y recompensas por las acciones tempranas realizadas para reducir de forma voluntaria las emisiones antes de que las resoluciones se pongan en marcha. La caracterización de las relaciones entre el C del suelo y la calidad de agua, la calidad del aire y el resto de beneficios medioambientales deberían ser motivos suficientes para conseguir la aceptación social. El impedimento más grande es que la educación a realizar tanto a políticos como a los consumidores requiere una mejora extensa.

Un número creciente de organizaciones en el mundo está llevando a cabo proyectos voluntarios que benefician al clima, lo que significa una mejora de la eficacia y una reducción de los costes operacionales y el riesgo. Las

empresas e instituciones a lo largo del mundo empiezan a comprender que los beneficios de una buena gestión medioambiental son mayores, ahora y en el futuro, que los costes de una gestión que incluya estrategias para reducir las emisiones de GEI. Las multinacionales están participando en los mercados de comercio de créditos energéticos de C para evitar los futuros costes que exigirá el cumplimiento del Protocolo de Kioto. En la evolución hacia una economía global y en lo que concierne al incremento de impactos medioambientales globales, la gestión de las emisiones de CO₂ será un factor en la planificación y funcionamiento en las industrias y en los gobiernos del mundo, creando desafíos y oportunidades para aquéllos que pueden identificarlos y capitalizarlos.

El comercio de créditos del C tiene la posibilidad de hacer a la Agricultura de Conservación más beneficiosa económicamente y mejorar el medioambiente al mismo tiempo. El potencial de los créditos del C ha llamado considerablemente la atención de agricultores y de probables compradores de créditos, sin embargo, es difícil estar totalmente informado sobre el desarrollo del sistema C debido a su complejidad técnica y a su ritmo de desarrollo. Las reglas sobre el comercio de créditos de C no se han definido todavía, y el diálogo internacional está todavía en el proceso de concretar un sistema laboral y una reglamentación para el comercio. El número de organizaciones que trabajan desarrollando un mercado de C sugiere que algún tipo de mecanismo internacional evolucionará y que el comercio de créditos de C de suelo puede llegar a ser una realidad. Existe una gran incertidumbre en este momento acerca de qué compañías surgirán como fuentes fiables de información de buena calidad y qué entidades podrían comerciar en el mercado de manera fiable. Debemos convencer a los políticos, a medioambientalistas y empresarios de que el secuestro de C es un beneficio importante adicional de adopción de sistemas de producción de Agricultura de Conservación.



Equipo para medición de CO₂ procedente de la respiración del suelo y analizador de gases por infrarrojos.

Las prácticas de Agricultura de Conservación pueden ayudar a reducir el calentamiento global disminuyendo las emisiones del C que proceden de la actividad agraria fijándolo regularmente en el suelo. Las políticas públicas pueden promover la adopción de estas prácticas a través de incentivos del mercado y medidas voluntarias o educativas (Lal, 2002). Actualmente, hay un grado de incertidumbre para los inversores y los potenciales inversores en materia forestal en relación a las reglas específicas que se aplicarán para implantar los sumideros en el Protocolo de Kioto. Los costes de administración y de transacción podrían desempeñar una misión importante para determinar el éxito de cualquier

sistema de comercio de créditos de C. Se espera que el coste de estas áreas sea minimizado a través de servicios y técnicas mejoradas de medición e información del C secuestrado, empresas de consultoría del sector privado, etc.

Como en cualquier sistema comercial internacional, existen riesgos alrededor de la venta por adelantado de créditos de C. Aquellos que participan en el incipiente comercio necesitan clarificar responsabilidades y obligaciones. Sin embargo, debe tenerse cuidado en la planificación de estas políticas con el fin de asegurar su éxito, evitar consecuencias económicas y medioambientales adversas imprevistas y proporcionar un beneficio social máximo.

Agradecimientos

El autor agradece los útiles comentarios y sugerencias de John Bennett y Edgar Hammermeister. ●

1. Científico de Suelos. Agricultural Research Service. U.S.DA. North Central Soil Conservation Research Lab, 803 Iowa Avenue, Morris, MN 56267; 320-589-3411 ext. 144, Fax: 320-589-3787; E-mail: reicosky@morris.ars.usda.gov

Traducción y resumen: Oscar Veroz González. AEAC/SV. overoz@aeac-sv.org

Bibliografía

Dudek, D.J.; Goffman, J. and Wade, S.M. 1997. Emissions trading in nonattainment areas: Potential, requirements, and existing programs. In Kosobud, R.F. and J.M. Zimmermann (ed.) *Market-based Approaches to Environmental Policy: Regulatory Innovations to the Fore*. Van Nostrand Reinhold, New York pp. 151-185.

Grubb, M.; Vrolijk, C. and Brack, D. 1999. *The Kyoto Protocol - A guide and assessment*. London: Earthscan.

IPCC. 2000. Land use, Land-Use Change, and Forestry, Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 377 pp.

Kimble J. M.; Lal, R. and Follett, R.R. 2002. Agricultural practices and policy options for C sequestration: What we know and where we need to go. In Kimble, J.M., R. Lal and R.R. Follett (ed.). *Agricultural Practices and Policies for C Sequestration in Soil*. Lewis publishers. CRC Press. Boca Raton, FL. pp. 495-501.

Lal, R. 2002. Why C sequestration in agricultural soils? In Kimble, J.M., R. Lal and R.R. Follett (ed.). *Agricultural Practices and Policies for C Sequestration in Soil*. Lewis Publishers. CRC Press. Boca Raton, FL. pp. 21-30.

Lal, R.; Kimble, J.M.; Follet, R.F. and Cole, V. 1998. Potential of U.S. Cropland for C Sequestration and Greenhouse Effect Mitigation. USDA-NRCS Washington, D.C. Ann Arbor Press, Chelsea, MI. 128 pp.

Reicosky, D.C. 2001. Conservation agriculture: Global environmental benefits of soil C management. pp. 3-12. In Garcia-Torres, L., J. Benites, and A. Martínez-Vilela (ed.) *Conservation agriculture: A worldwide challenge*. XUL, Cordoba, Spain.

Reicosky, D.C. 1998. Strip tillage methods: Impact on soil and air quality. p. 56-60. In P.J. Mulvey (ed.) *Environmental benefits of soil management*. Proceedings of the ASSSI National Soils Conf., Brisbane, Australia.

Reicosky, D.C. and Lindstrom, M.J. 1993. Fall tillage method: effect on short-term carbon dioxide flux from soil. *Agronomy Journal* 85:1237-1243.

Row, C.; Sampson, R.N. and Hair, D. 1996. Environmental and land-use changes from increasing forest area and timber growth. In Sampson, R.N. and D. Hair (eds), *Forest and Global Change, Vol. 2: Forest Management Opportunities for Mitigating C Emissions*, American Forests, Washington, D.C.

Smith, O.H.; Petersen, G.W. and Needelman, B.A. 2000. Environmental indicators of agroecosystems. *Advances in Agronomy* 69:75-97.

United Nations Framework Convention on Climate Change. 1997. *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat. Bonn, Germany.

Walsh, M.J. 2002. Growing the Market: Recent developments in Agricultural Sector C Trading. In Kimble, J.M., R. Lal and R.R. Follett (ed.). *Agricultural Practices and Policies for C Sequestration in Soil*. Lewis Publishers. CRC Press. Boca Raton, FL. pp. 375-385.