

Almacenaje de carbono en el suelo y su relación con el cambio climático

Yusmary Espinoza^{1*}
Lesly Malpica²

¹Investigadora y ²Técnica Asociada a la Investigación. INIA-CENIAP. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuaria, Unidad de Recursos Agroecológicos, Laboratorio de Biología de Suelo. Maracay, Estado Aragua.
*Correo electrónico: yespinoza@inia.gob.ve

La reserva del carbono (C) del suelo es el componente básico de su fertilidad y es considerado como un indicador al momento de evaluar la sustentabilidad de los sistemas de cultivo. La fertilidad de un suelo y almacenaje de carbono están íntimamente ligados y no deberían ser considerados aisladamente. Los efectos directos sobre el incremento del carbono orgánico del suelo (COS) incluyen, la productividad de los cultivos, mejoramiento del suelo, agua y calidad del aire. Además, las prácticas de manejo que incrementan el COS también tienden a reducir la erosión y mejoran los recursos del suelo. Figura 1.

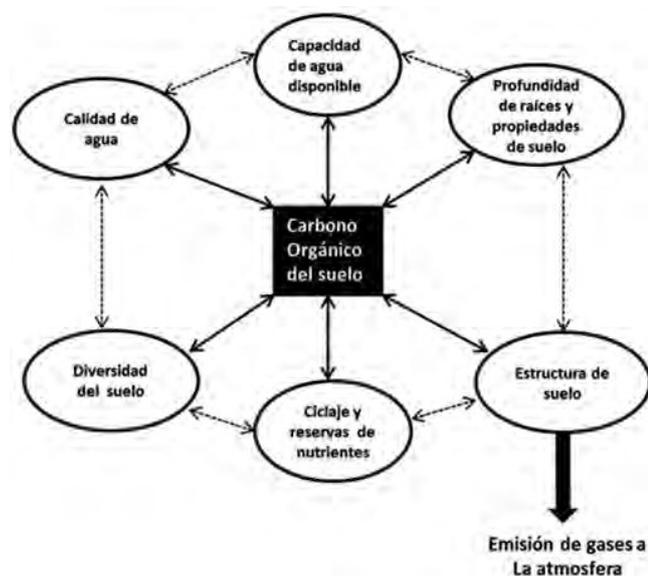


Figura 1. Interacción del carbono en el suelo.

En las últimas décadas la actividad humana ha cambiado el flujo del C entre la Tierra y la atmósfera. Este cambio se ha reflejado en la composición de gases que integran la atmósfera, los cuales aumentan por grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2), pasando de 280 partes por millón en volumen (ppmv) en la era preindustrial a los 383 ppmv actuales. Se ha determinado que la quema de combustible es una de las actividades humanas que está generando más incremento de este gas;

sin embargo, las emisiones por el cambio de uso de la tierra, han crecido progresivamente en el último siglo, aproximándose a la tasa de 2 PgC por año (1 PgC = 1 Petagramo de Carbono = 1000 millones de toneladas), especialmente por la deforestación tropical (Houghton, 2003).

Conjuntamente con el CO_2 también han aumentado marcadamente otros gases como el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O) debido a la actividad antropogénica, estos gases son conocidos como gases de efecto invernadero (GEI), ellos en la atmósfera retienen el calor emitido por la Tierra. La radiación que entra al planeta es de onda corta, al chocar contra la superficie de este y los océanos, una parte es absorbida y otra reflejada a la atmósfera, donde se encuentra con las nubes y estos gases que absorben la radiación infrarroja del sol y la transforman en energía calórica (Figura 2). Esto ocasiona que se caliente la superficie de la Tierra y la parte inferior de la atmósfera.

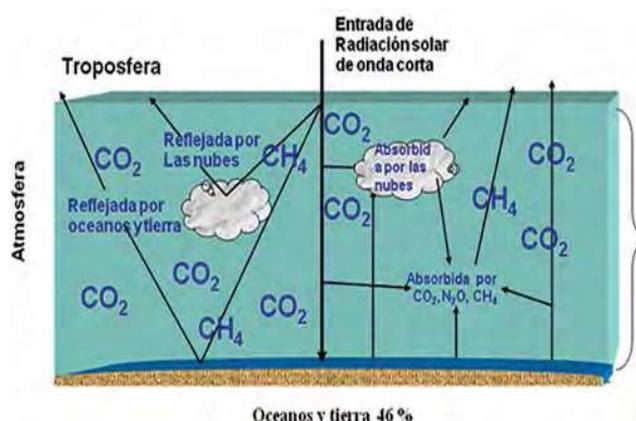


Figura 2. Distribución de la radiación solar de onda corta que entra a la Tierra. (Modificación de MacCracken, 1985).

Mientras más GEI haya en la atmósfera más calor se producirá. Desde principios de siglo hasta hoy, la temperatura ya se ha incrementado en $0,5\text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 3). Lo que se considera actualmente un efecto directo del cambio climático.

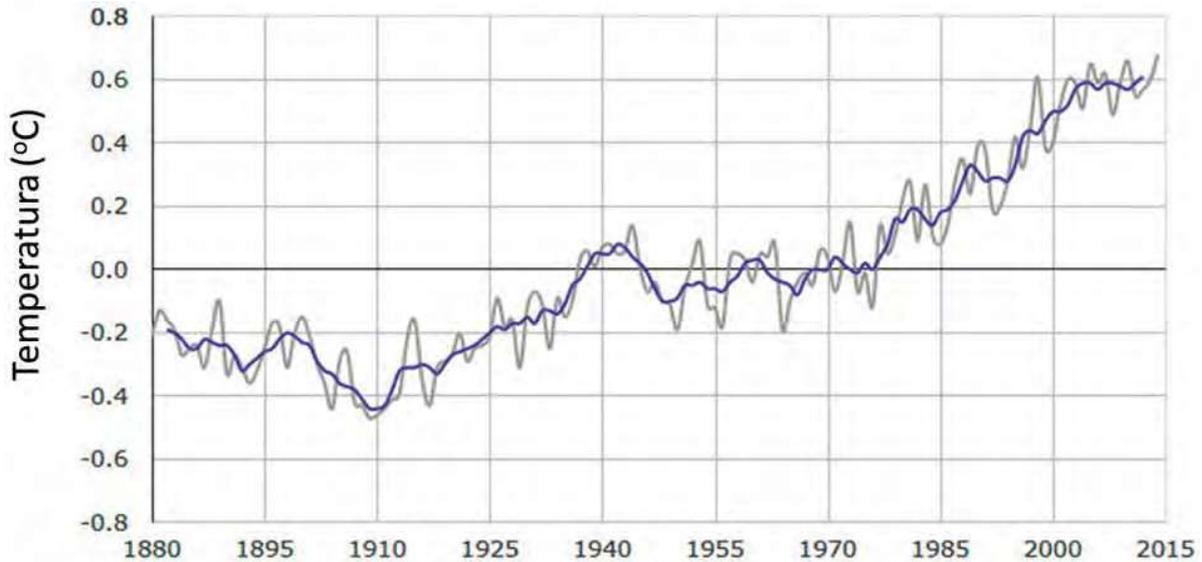


Figura 3. Variación de temperatura global desde 1915 a 2014. Fuente NASA-GISS.

El incremento en las concentraciones de CO_2 atmosférico puede traer como consecuencia que las fuentes del mismo excedan los sumideros. Según Lal *et al.* (1997) el ciclo moderno del C tiene dos principales flujos: uno entre la atmósfera y la vegetación terrestre (120 Pg/año) y otro entre la atmósfera y el océano (105 a 107 Pg/año). Los suelos juegan un papel importante, ya que pueden constituirse en una fuente o un sumidero de C, e influenciar las concentraciones de CO_2 atmosférico (Figura 4).

En los últimos años se ha incrementado la percepción de que la agricultura es uno de las principales contribuyentes a las emisiones de GEI y que controlan el potencial de calentamiento global (Snyder *et al.*, 2007). Sin embargo, la agricultura no es la responsable principal de este fenómeno. A nivel global, se estima que la agricultura y el cambio de uso de la tierra aportan el 31% de las emisiones totales, siendo mayores las provenientes de los usos de la energía fósil y la actividad industrial.

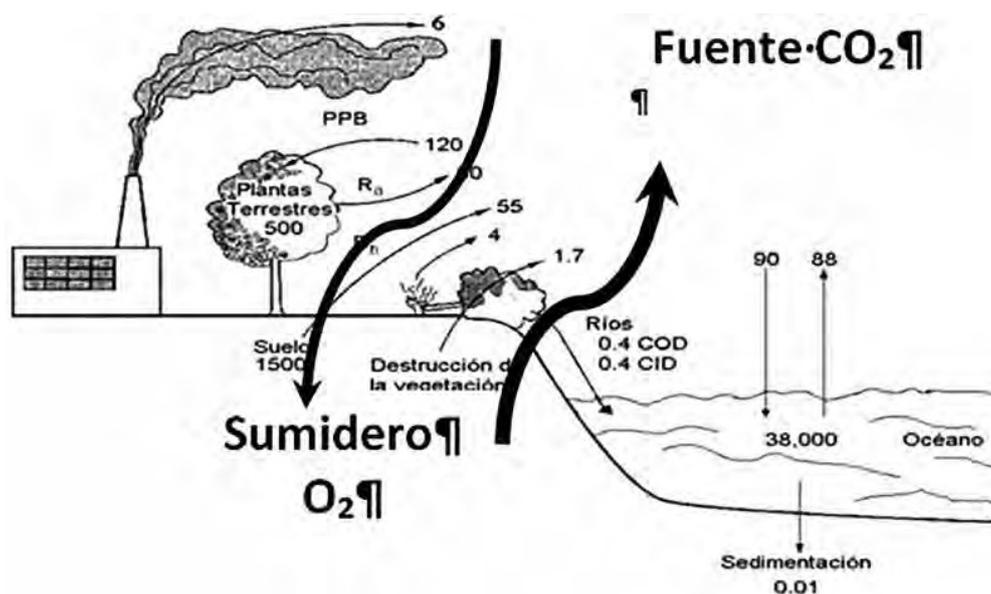


Figura 4. El flujo de C, en sus diferentes fracciones y retroalimentaciones. Esquema modificado de Schlesinger, 1997.

Actualmente en Venezuela, la agricultura, cambio de uso de tierra y silvicultura emiten el 23% del total de los GEI. El resto lo conforman el uso de la energía (70%), procesos industriales (6%) y desechos (1%).

Estrategias que pueden seguir los productores agrícolas para reducir las concentraciones de CO₂

Para comprender las estrategias a seguir por parte de los productores agrícolas para la reducción de las fuentes o aumento del almacenamiento o sumideros es necesario definir algunos términos:

Sumideros de C: son depósitos naturales o artificiales de C, que lo absorben de la atmósfera y contribuyen a reducir la cantidad de CO₂ del aire. La fotosíntesis es el principal mecanismo de sumidero de C.

Fotosíntesis: es un proceso que se produce en las hojas de las plantas y en las células de organismos microscópicos que viven en la Tierra y cerca de la superficie de mares y océanos. El proceso utiliza energía de la radiación solar (luz del sol) para convertir el CO₂ y el agua en azúcares como la glucosa.

En el ciclo natural del C, una vez que ha sido fijado en la planta, este es incorporado al suelo a través de la hojarasca y raíces muertas, entre otros, las cuales pasan a formar parte de lo que se conoce como materia orgánica (Figura 5). Este material que entra al suelo puede seguir varias vías (Figura 6). Mientras más lento los residuos orgánicos sean convertidos en CO₂, menos gas de efecto invernadero irá a la atmósfera, por lo tanto, las prácticas de manejo de suelo deberían ir dirigidas hacia la menor perturbación de la materia orgánica.

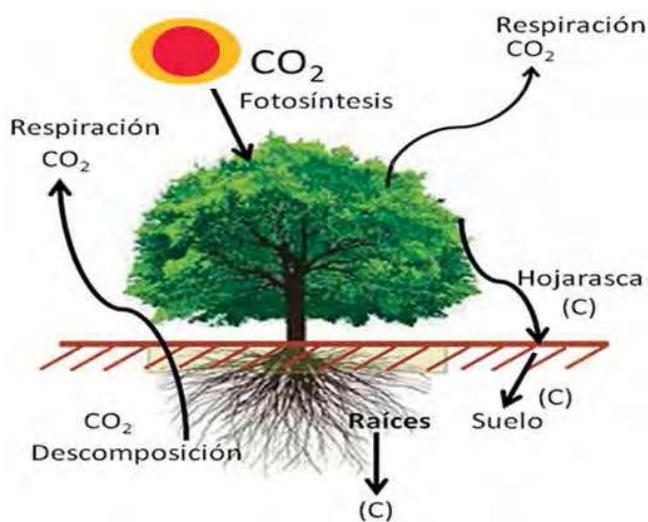


Figura 5. Ciclo natural del carbono.

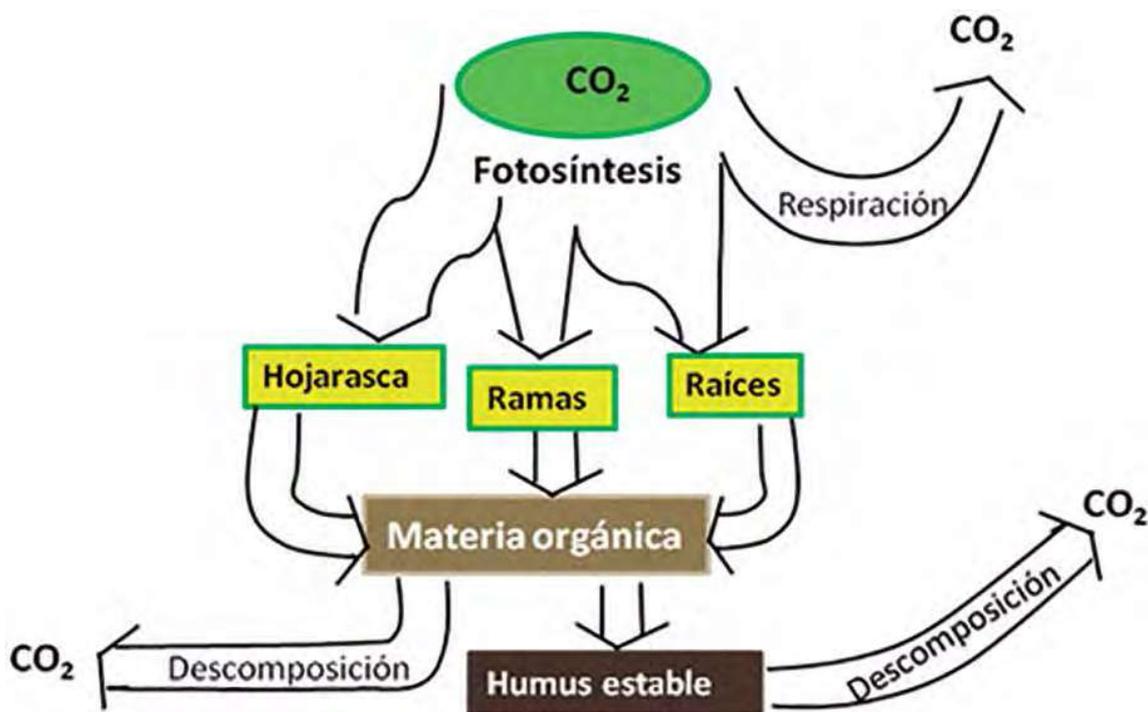


Figura 6. Transformación de la materia orgánica del suelo (Modificado de Nabuurs y Morhem, 1993).

Manejo de suelo y su influencia en la reducción de las emisiones o aumento de los sumideros de C

El agricultor puede contribuir a reducir el CO_2 en la atmósfera, mejorar la capacidad de recuperación del suelo e impulsar el rendimiento agrícola, a través del proceso del mantenimiento de mayores cantidades de C en el suelo, lo que se conoce como “fijación de C en el suelo”. Esto se puede lograr mediante la práctica de una agricultura conservacionista, cuyo principio es el no laboreo y mantenimiento de una cobertura vegetal sobre el suelo.

La labranza convencional cambia el perfil del suelo como una consecuencia de mezclar el suelo, residuos y fertilizantes, esto tiende a estimular la descomposición de la materia orgánica, además de la erosión. Esta descomposición ocasiona las pérdidas del COS e incrementa la emisión del CO_2 (Figura 6). La labranza rompe los agregados del suelo y, ocasiona que la materia orgánica que estaba atrapada dentro de estos agregados se descomponga debido a que queda desprotegida de los microorganismos, el CO_2 producido consecuencia de la descomposición es emitido a la atmósfera; proceso contrario ocurre con la siembra directa, tal como se muestra en la Figura 7 (Espinoza, 2012).

De acuerdo a Reicosky y Archer, (2007), las técnicas como la siembra directa o las cubiertas vegetales eliminan el laboreo del suelo y consiguen reducir hasta 3,8 veces las emisiones cuantificadas con una labor más superficial (10 centímetros) y hasta en 10,3 veces las emisiones en labores más profundas (28 centímetros). Además, la siembra directa (Fotos a y b) permite obtener determinados beneficios como disminución de la temperatura máxima del suelo y controlar la mineralización del C (Espinoza, 2012); mejora la eficiencia del uso del agua asociada a las pérdidas por evaporación (Bravo *et al.*, 2004), erosión y salinización superficial del suelo.

¿Sólo es posible almacenar C en los suelos usando siembra directa?

No, la siembra directa con rotaciones de cultivos y manejo de nutrientes, cultivos de cobertura e integración ganadería – agricultura, son manejos que también incrementan el C del suelo; otra opción es el uso de los abonos orgánicos, algo usual en la agricultura familiar e intensiva, la clave es la cobertura del suelo. Ejemplo de esto se puede observar en los cultivos arbóreos, donde el empleo de cubiertas vegetales en las calles, aumenta el C en el suelo.

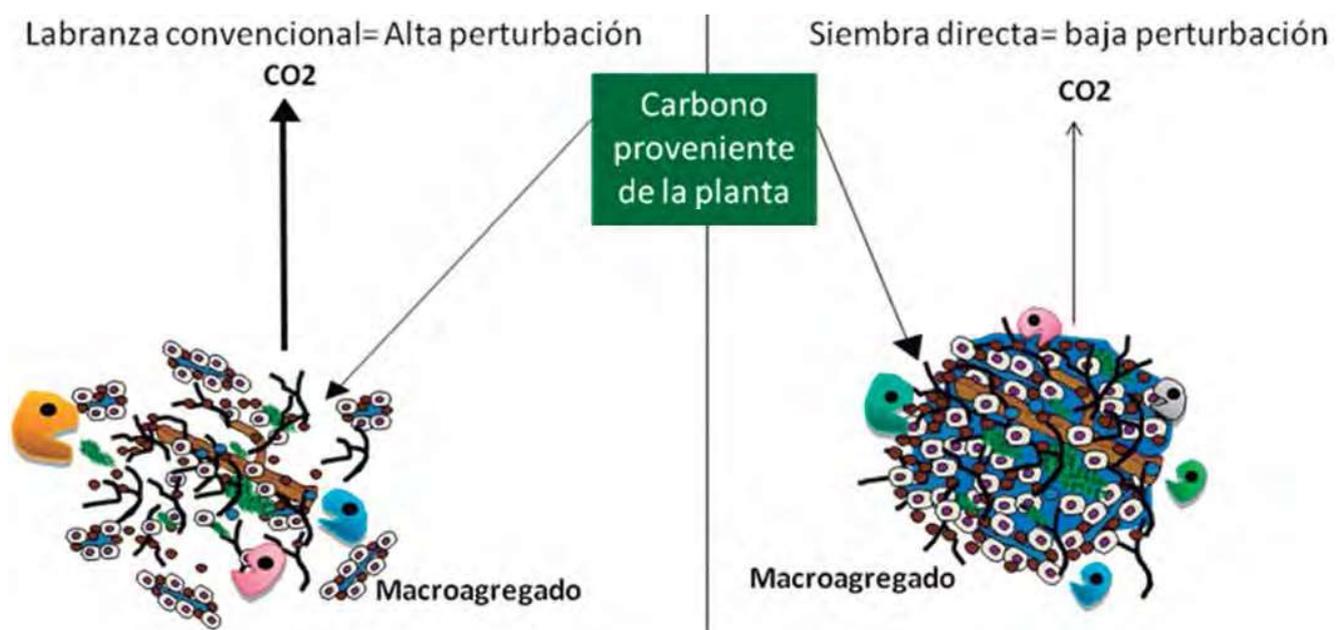


Figura 7. Efecto de la labranza sobre los agregados de suelo.

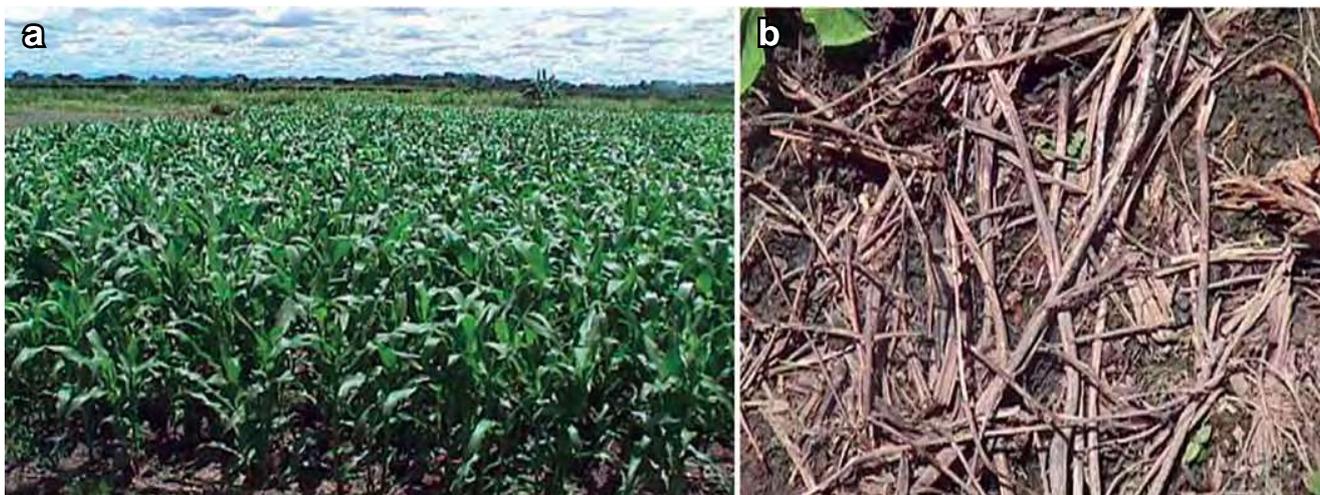


Foto a y b. La implantación de cultivos bajo siembra directa, potencia el efecto sumidero del C del suelo y reduce las emisiones de CO₂ al no alterarse el suelo con labores.

El C vegetal también se puede almacenar de forma significativa en los sistemas agroforestales, plantaciones perennes en tierras agrícolas o mediante cultivos con raíces profundas, que contribuyan a fijar el C a mayor profundidad, de manera que se dificulte su liberación a la atmósfera (Albrecht y Kandji 2003).

Cualquier práctica agrícola que aumente la entrada de C a través de la fotosíntesis o disminuya el retorno de C a la atmósfera producido por la respi-

ración o los incendios, aumentará el C almacenado (Figura 8).

En resumen, el aumento del contenido de C en los suelos ofrece beneficios adicionales para la fertilidad del suelo, biodiversidad, productividad y mejora de la capacidad de almacenamiento de agua. Estos esfuerzos ayudan a estabilizar y aumentar la producción y a optimizar el uso de insumos y revertir la degradación del suelo, restaurando la salud ecológica de los mismos.



Figura 8. Destino del C en el suelo en sistemas agrícolas.

Consideraciones finales

Un agroecosistema se convertirá en sumidero o fuente de C dependiendo de la decisión que tome cada productor agrícola. Las prácticas de manejo afectan la estructura de suelo y esta a su vez, la dinámica de la materia orgánica. La adopción del cultivar bajo sistemas conservacionistas resulta en prácticas que no solo minimizan la pérdida de C desde el suelo, sino que también aumentan la captura de C en los árboles.

Bibliografía consultada

- Albrecht, A. y S. Kandji. 2003. Carbon Sequestration in Tropical Agroforestry Systems: Opportunities and Trade-Offs. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 99(1-3):15-27.
- Bravo, C., Z. Lozano, R. M. Hernández, L. Piñango y B. Moreno. 2004. Efecto de diferentes especies de coberturas sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz. *Biogro*. 16(3):163-172.
- Espinoza, Y. 2012. Efecto de la labranza sobre la materia orgánica y tamaño de agregados en un suelo cultivado con maíz en condiciones tropicales. *Bioagro*. 22(3):177-184.
- Houghton, R. A. 2003. Why are estimates of the terrestrial carbon balances so different? *Global Change Biol*. 9, 500-509.
- MacCracken, M. C. 1985. Carbon dioxide and climate change: Background and overview. pp.1-23. In M.C. MacCracken and F.M. Luther (eds). *Projecting the climatic effect of increasing carbon dioxide*. U.S. Department of Energy, Er-0237, Washington, D.C.
- Nabuurs G. J. y G. M. J. Morhem. 1993. Report IBN 93/4. Institute for Forestry and Research, Forests Nature Absorbing Carbon Dioxide Emission. Holanda . 206 p.
- NASA-GISS. 2014. Surface Temperature (GISTEMP) Analyses. In trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Tenn, USA doi:10.3334/CDIAC/cli.001.
- Lal, R., J. Kimble, and R.F. Follett. 1997. Pedospheric processes and the carbon cycle. pp.1-8. In R. Lal, J. Kimble, R. Follett, and B.A. Stewart (eds.) *Soil processes and the carbon cycle*. CRC Press. Boca Raton.
- Reicosky, D. C. y D. W. Archer. 2007. Moldboard plow tillage depth and short-term carbon dioxide release. *Soil and Tillage Research* 94:109-121.
- Schlesinger, W. H. 1997. *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. New York: National Academic Press.
- Snyder, C. S., T. W. Bruulsema y T. L. Jensen. 2007. Best management practices to minimize greenhouse gas emissions associated with fertilizer use. *Better Crops with Plant Food* 91(4):16-18.



Serie de Manuales Prácticos

Adquiera la versión impresa en
 Distribución y Ventas de Publicaciones INIA
 Ubicado en la avenida Universidad vía El Limón
 Sede Administrativa, Maracay estado Aragua,
 o descargue la versión digital del portal Web
www.inia.gov.ve