

MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO POR CAPTURA Y SECUESTRO DE CARBONO MITIGATING CLIMATE CHANGE BY CARBON CAPTURE AND STORAGE

Gladys Linares-Fleites^{§1}, Ana Belén García Barragán² y Miguel Ángel Valera Pérez¹

1. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Instituto de Ciencias. Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas. Av. 14 Sur 6301, Edificio 103-B, Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel, Puebla, México. C. P. 72570
2. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Instituto de Ciencias. Posgrado en Ciencias Ambientales. Estudiante de la Maestría en Ciencias Ambientales. Edificio 103 D (Planta Baja), Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel, Puebla, México. C. P. 72570

Correo electrónico: ciencias.ambientales@correo.buap.mx

Teléfono y Fax: 01 (222) 229 5500 ext. 7056

§ Autor para correspondencia: gladys.linares@correo.buap.mx

RESUMEN

Una estrategia para enfrentar el cambio climático es el desarrollo de proyectos de mitigación; por ejemplo, el secuestro de carbono en suelos. El secuestro de carbono es la transferencia neta de CO₂ atmosférico a la vegetación y al suelo para su almacenamiento. El desarrollo de proyectos de secuestro de carbono tiene implicaciones sociales, económicas y ambientales puesto que representa una alternativa en cuestión de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, este tipo de proyectos podría proporcionar ayuda económica a las comunidades rurales que se encarguen del secuestro de carbono mediante un programa elaborado para tal fin. El propósito de este trabajo es presentar algunas ideas esenciales para el desarrollo de proyectos de secuestro de carbono.

Palabras clave: Secuestro de carbono, Estrategia REDD+, Cambio Climático.

ABSTRACT

Developing mitigation projects is a strategy to deal with climate change. One example is carbon capture and storage in soils. Carbon capture is the net transfer of atmospheric CO₂ to vegetation and soil for storage. Developing carbon capture projects has environmental, economic, and social implications as it is an option in regard to mitigating greenhouse gas emissions. In addition, this kind of projects may provide financial assistance to rural communities that are in charge of carbon capture through a program developed in this regard. This paper intends to show some basic ideas for developing carbon capture projects.

Keywords: Carbon capture and storage, REDD+ strategy, Climate Change.

INTRODUCCIÓN

La comunidad internacional ha emprendido acciones para enfrentar el cambio climático, de entre las cuales una de las más notables está la firma de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Establecida en 1992 y puesta en vigor en 1994, la CMNUCC planteó, entre otros, el principio de prevención con dos estrategias fundamentales: 1) de *mitigación* (a largo plazo) y 2) de *adaptación* (a plazo inmediato). Con la primera estrategia se espera reducir la emisión de gases contaminantes y con la segunda se pretende reducir la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático. El Protocolo de Kioto (PK, 1997), firmado en 1997,

estableció metas concretas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para los países desarrollados durante un primer período de compromisos de 2008 a 2012. El propósito era lograr estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera a niveles que evitaran la interferencia antropogénica en el sistema climático, incrementando la eficiencia de los sumideros naturales de carbono. Idealmente, debe llegarse a tales niveles dentro de un período razonable para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, que no se amenace la producción de alimentos y que se permita el desarrollo económico de manera sustentable.

En la COP 21 de París 2015, los 196 gobiernos participantes se comprometieron a alcanzar el techo de emisiones de gases invernadero lo antes posible y poner en marcha un mecanismo de financiación de 100 mil millones de dólares para asumir medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, que entrarán en vigor hasta el año 2020 y serán revisadas cada cinco años para que los países pongan al día sus compromisos y se fijen metas para la reducción.

México firmó la CMNUCC en 1992, la ratificó en 1993 y entró en vigor en 1994. En 2012, se promulgó la Ley General de Cambio Climático (*Nueva Ley DOF 06-06-2012*), la cual ha contribuido a activar la transición conjunta en tres sectores clave: energético, forestal y agrícola. En particular, el manejo integral de los recursos forestales y agrícolas incluye el aprovechamiento de la biomasa para mitigar emisiones, así como reforestar, forestar y habilitar el manejo sustentable de suelos de la agricultura para la captura de carbono. La Ley General de Cambio Climático ha trazado el camino para establecer, a corto plazo, un mercado nacional de reducciones certificadas de carbono como propuesta para enfrentar el

cambio climático. Una buena alternativa para modificar prácticas que degradan al medio y para promover la sostenibilidad de los recursos es la venta de servicios ambientales, tales como el secuestro de carbono. Para lograr la venta de servicios ambientales por secuestro de carbono se necesita determinar la cantidad secuestrada de carbono por el suelo en condiciones de uso. Esta determinación permitiría establecer la línea base de carbono secuestrado y, a partir de ella, evaluar los incrementos de carbono en el sistema cuando se cambia el uso del suelo.

El secuestro de carbono, entonces, tiene implicaciones sociales, económicas y ambientales puesto que representa una alternativa en cuestión de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, este proyecto podría proporcionar ayuda económica a las comunidades rurales que se encarguen del secuestro de carbono mediante un programa elaborado para tal fin.

La falta de acceso a métodos precisos y de bajo costo para la cuantificación y el monitoreo de almacenes de carbono constituyen uno de los principales obstáculos para la

implementación de proyectos dirigidos a la inserción de comunidades de productores familiares en los mercados de carbono.

El propósito de este trabajo es discutir algunas ideas esenciales para la formulación de proyectos de captura de carbono. Primero, se resumen algunas de las metodologías nuevas que están en desarrollo actualmente. Posteriormente, se proporcionan algunas consideraciones sobre la formulación de tales proyectos. Finalmente, se trata de conformar una Estrategia Integral para Abordar el Cambio Climático en México.

METODOLOGÍAS PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO POR SECUESTRO DE CARBONO

El secuestro de carbono es el proceso de transferencia neta de CO_2 atmosférico a la vegetación y al suelo para su almacenamiento. Las actividades de secuestro pueden ayudar a prevenir el cambio climático global mediante el almacenamiento de carbono en árboles y suelos, reduciendo con ello emisiones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). El almacenamiento ocurre en bosques y suelos a través de

procesos naturales de fotosíntesis. El dióxido de carbono atmosférico es atrapado por medio de diminutas aberturas en las hojas e incorporado como carbono a la biomasa de madera de árboles y de cultivos agrícolas. Aproximadamente la mitad de esta biomasa es carbón. El carbón en bosques y suelos puede regresar a la atmósfera como dióxido de carbono cuando las prácticas de labranza agrícola remueven el suelo o cuando la biomasa se pudre y se quema. Por lo tanto, los bosques y suelos agrícolas pueden actuar como sumideros de carbono (De Jong y col., 2004).

Un problema cada vez más evidente en el ámbito científico y en el desarrollo de proyectos de secuestro de carbono se refiere a las dificultades existentes para comparar los resultados del secuestro de carbono e integrar bases de datos confiables debido a las diferencias en la forma de tomar las mediciones.

Métodos Directo e Indirecto para Medir el Carbono

Los métodos para estimar y medir los cambios de los flujos de carbono pueden ser directos o indirectos. Los métodos

directos utilizan mediciones en laboratorios químicos, mientras que los indirectos se basan en el desarrollo de modelos y en la simulación.

Las fases de trabajo en el método directo son:

- *Primera fase:* Detección remota. A través de fotografías aéreas e imágenes de satélites se logra la zonificación de la región y se elabora un diseño muestral.
- *Segunda fase:* Muestreo de campo. Consiste en la selección de los sitios y el uso del diseño muestral de la manera más efectiva.
- *Tercera fase:* Evaluación de las muestras en el laboratorio. Se realiza la preparación de las muestras para el análisis químico a través del secado y el tamizado de las mismas y se determinan las propiedades físicas y químicas de las muestras.
- *Cuarta fase:* Análisis estadístico de la información. Se utilizan métodos estadísticos univariados, bivariados y multivariados que permiten no sólo la descripción, sino también la cuantificación de las relaciones

entre las variables y la clasificación de los individuos. Los Sistemas de Información Geográfica y los modelos geoestadísticos complementarán la etapa de análisis de la información.

En el método indirecto (Ponce-Hernández, 2004), la metodología a desarrollar se resume en:

- (a) Evaluación de la reserva de carbono a través de cálculos de la biomasa en el suelo y la estimación de la biomasa en el subsuelo utilizando técnicas estadísticas como la regresión.
- (b) Simulación de la dinámica del carbono y estimación del secuestro de carbono considerando el uso real del suelo a través de sistemas computacionales.
- (c) Simulación de la dinámica del carbono y estimación del secuestro de carbono considerando el uso potencial del suelo bajo la consideración de diferentes escenarios con los mismos sistemas mencionados.
- (d) Desarrollo de bases de datos que contienen totales de carbono por

unidad de terreno y uso de suelo real y potencial, índices de biodiversidad e índices de degradación de suelo.

- (e) Aplicación de modelos de optimización para la toma de decisiones teniendo en cuenta los escenarios de uso de suelo potenciales que incluyen secuestro de carbono.

Teledetección y Análisis Espacio-Temporal

Actualmente, se están ideando nuevas metodologías de investigación y utilizando nuevas herramientas de búsqueda de información. Los instrumentos de teledetección son útiles en estudios de ecosistemas a gran escala, ya que permiten obtener información de las condiciones biofísicas de manera más eficaz que las tradicionales mediciones *in situ*.

El término ‘teledetección’ es una traducción del inglés ‘*Remote Sensing*’ y se refiere no sólo a la captación de datos desde el aire o el espacio, sino también a su posterior tratamiento. En teledetección, la adquisición de información puede realizarse a nivel orbital (satélites),

suborbital (aviones) o terrestre (radiómetros portátiles). Las imágenes satelitales y las fotografías aéreas son los productos más difundidos y, en ocasiones, son de fácil acceso y gratuitos.

Estas nuevas metodologías obligan a utilizar análisis estadísticos más sofisticados que han estado en pleno desarrollo en los últimos años (Linares y col., 2014).

Estrategia de Mitigación REDD+

Aproximadamente 12% de las emisiones antropogénicas de CO₂ se deben a la deforestación. Una estrategia de mitigación llamado Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques (REDD+) está en desarrollo para hacer frente a las emisiones causadas por la pérdida de bosques en los países en vías de desarrollo. La REDD+ será el instrumento básico de cualquier acuerdo climático futuro. Sin embargo, la implementación de REDD+ presenta varios retos políticos y científicos. Para ayudar a la comunidad científica, se está preparando una revisión de la deforestación actual y una estimación de la deforestación futura en términos de cambios en la superficie de los bosques, las

densidades de carbono y los flujos de carbono. Los métodos estadísticos desempeñan un papel fundamental en estos estudios.

Además, la comunidad científica internacional está trabajando en un Libro de Referencia (en inglés “*SourceBook*”) sobre los métodos y procedimientos para el seguimiento y la notificación de emisiones antropogénicas y absorción de gases de efecto invernadero asociadas con la deforestación y las ganancias y pérdidas de las reservas de carbono en los bosques que aún existen. La última versión ha sido publicada por la COP-21 (GOFC-GOLD, 2015) y puede consultarse en el sitio de Internet GOFC-GOLD LC PO (www.gofcgold.wur.nl/redd).

CONSIDERACIONES SOBRE PROYECTOS DE SECUESTRO DE CARBONO

En México, el programa de pago por servicios ambientales de captura de carbono, conservación de la biodiversidad y derivados agroforestales se inició en 2004 con el fin de fomentar, entre los poseedores rurales de recursos forestales, el desarrollo de capacidades técnicas y administrativas para realizar inventarios de carbono y

planes de manejo para la conservación y la captura de carbono en sus terrenos forestales y parcelas agroforestales. Sin embargo, en el estado de Puebla es necesario incrementar estos programas utilizando las nuevas estrategias que se están elaborando y para ello se necesita, entre otros aspectos, preparar a los desarrolladores de proyectos de secuestro de carbono en el uso de la ciencia Estadística.

Para desarrollar proyectos de secuestro de carbono, se deben conocer nociones básicas sobre el ciclo del carbono y los procedimientos que se utilizan para la medición del carbono. Para esto, son buenas referencias autores como Etchevers y col., 2005; Emmer, 2007; Rüginitz y col., 2009 y Rodeghiero y col., 2010. En particular, resumimos a continuación algunas de esas nociones tomando como referencia a Rüginitz y col., 2009.

El carbono es el elemento químico fundamental de los compuestos orgánicos que circula por los océanos, la atmósfera, el suelo y el subsuelo. Estos se consideran depósitos (reservorios) de carbono. El carbono pasa de un depósito a otro por

medio de procesos químicos, físicos y biológicos.

La atmósfera es el menor pero el más dinámico de los reservorios del ciclo del carbono. Además, todos los cambios que ocurren en este reservorio tienen una estrecha relación con los cambios del ciclo global de carbono y del clima. Gran parte del carbono presente en la atmósfera ocurre en forma de dióxido de carbono (CO_2 , también conocido como gas carbónico). En menor proporción el carbono atmosférico se presenta en forma de metano (CH_4), perfluorocarbonos (PFC) e hidrofluorocarbonos (HFC). Todos estos son considerados Gases de Efecto de Invernadero (GEI) que contribuyen al equilibrio térmico de la Tierra. Cualquier actividad relacionada con el uso del suelo que modifique la cantidad de biomasa en la vegetación y en el suelo tiene el potencial de alterar la cantidad de carbono almacenado y emitido hacia la atmósfera.

El efecto invernadero es un proceso que ocurre cuando una parte de la radiación solar reflejada por la superficie terrestre es absorbida por determinados gases presentes en la atmósfera. Como consecuencia, el calor permanece retenido

al no ser liberado hacia el espacio. El efecto invernadero es de vital importancia, ya que sin él, el planeta se congelaría. Sin embargo, el exceso de la concentración de GEI causa el calentamiento global.

El intercambio de carbono entre el reservorio terrestre y el atmosférico es resultado de procesos naturales de la fotosíntesis y la respiración y de la emisión de gases causada por la acción humana. La captura de carbono por medio de la fotosíntesis ocurre cuando las plantas absorben energía solar y CO_2 de la atmósfera, produciendo oxígeno e hidratos de carbono (azúcares como glucosa) que sirven de base para su crecimiento. Por medio de este proceso, las plantas fijan el carbono en la biomasa de la vegetación y, consecuentemente, constituyen un almacén natural de carbono junto con sus residuos (madera muerta y hojarasca). El proceso inverso ocurre con la emisión de carbono por medio de la respiración de plantas y animales y por la descomposición orgánica (en forma de respiración de bacterias y hongos). A este proceso se suman las emisiones de GEI debido a deforestación, incendios, gases industriales y quema de combustibles, que son acciones

antropogénicas que contribuyen al desequilibrio del ciclo del carbono.

El carbono presente en el suelo está sumamente relacionado con el proceso de descomposición de la biomasa por actividades bacterianas. Parte del carbono presente en el suelo regresa a la atmósfera a través del proceso de mineralización del carbono orgánico. De forma natural, otra parte del carbono orgánico es transportado por los ríos hasta llegar a los océanos, donde se deposita en forma de carbonatos (CO_3^{2+}). Este proceso también puede acentuarse por la acción humana.

Planificación para la Determinación de las Existencias de Carbono en el Campo

Para realizar un inventario en el marco de un proyecto de carbono es necesario identificar una metodología que contemple el levantamiento del “escenario de referencia”, en el cual no se considera la intervención causada por el proyecto (también conocido como “línea de base”) y las prácticas de monitoreo. La metodología a seleccionar debe estar acorde con las exigencias del agente comprador (mercado) con el cual se pretenden negociar los créditos de carbono, así como

con las directrices y las regulaciones nacionales e internacionales.

Según la Guía de Buenas Prácticas del Uso de la Tierra y el Cambio de Uso de la Tierra y los Bosques (IPCC, 2003), existen cinco tipos de depósitos de carbono que pueden medirse. Estos son:

En la biomasa viva:

(1) *Biomasa sobre el suelo*

Toda la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, incluyendo troncos, tocones vivos, ramas, cáscaras, semillas y hojas. Se evalúa por separado la biomasa aérea arbórea y la biomasa aérea no arbórea para facilitar las mediciones.

(2) *Biomasa subterránea*

Toda la biomasa de raíces vivas. Se excluyen raíces finas de menos de 2 mm de diámetro porque difícilmente se distinguen de la materia orgánica del suelo.

En la materia orgánica muerta:

(3) *Madera muerta*

Toda biomasa forestal no viva: troncos caídos, árboles muertos en pie y tocones mayores de 10 cm de diámetro.

(4) *Hojas caídas*

Toda la biomasa no viva sobre el suelo (hojas, ramas y cáscaras de frutos) en diferentes estados de descomposición. Comprende las capas de detritos y humus. Se puede establecer previamente un diámetro mínimo para diferenciar de “madera muerta” (por ejemplo, 10 cm).

En suelos:

(5) *Materia orgánica del suelo*

Comprende el carbono orgánico en los suelos minerales y orgánicos a una profundidad específica seleccionada por el postulante del proyecto. Se incluyen las raíces finas vivas con diámetro menor de 2 mm.

Aquí sólo nos referiremos al último de los depósitos, esto es, al carbono en suelos, ya que se considera muy importante al contener cuatro veces la cantidad de carbono de la vegetación. La forma de medir el carbono en los depósitos restantes se desarrolla ampliamente en las referencias citadas.

Medición de Carbono en el Suelo

El carbono del suelo está presente en forma orgánica e inorgánica. La forma orgánica equivale a la mayor reserva en

interacción con la atmósfera. El carbono orgánico presente en el suelo representa un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización). La información sobre la existencia de carbono en el suelo es importante para la elaboración de la línea de base.

Cálculo del Carbono Equivalente (CO₂e)

La reducción de emisiones resultantes de la actividad de proyectos forestales se contabiliza en forma de Certificados de Reducción de Emisiones (CRE) y se negocia en mercados internacionales de carbono. Un CRE corresponde a una tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) calculada con base en el potencial de calentamiento global de este gas. Una tonelada de carbono equivale a 3.67 toneladas de CO₂e (obtenido en razón de los pesos moleculares 44/12). Para conocer la cantidad de CO₂e emitido o almacenado a partir de la cantidad de carbono de un determinado depósito se debe multiplicar ésta por 3.67. Por ejemplo, si un proyecto que almacene (o secuestre) anualmente unas 15 t C/ha, se podrá negociar en el mercado el equivalente a 55 CRE por

hectárea por año (55 t CO₂e/ha/año) (Rügnitz y col, 2009).

ESTRATEGIA INTEGRAL PARA ABORDAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

El cambio climático es el mayor reto ambiental que enfrentaremos en este siglo y para hacerle frente es necesaria una acción coordinada de toda la comunidad internacional. México es un país vulnerable ante este fenómeno por sus condiciones geoclimáticas, por el grado de desarrollo de su economía y por el tamaño de su población, pero también es un país con buenos potenciales de mitigación que puede desempeñar un papel importante en la construcción de consensos regionales e internacionales para enfrentar el cambio climático.

Al establecer una estrategia integral para abordar el cambio climático deberían tomarse en cuenta algunos aspectos como los que se plantean a continuación.

Premisa de Sustentabilidad

En un país como México es imprescindible establecer un vínculo entre las acciones climáticas y la construcción de la sustentabilidad ambiental, económica y

social. Consideramos que esta es una premisa totalmente necesaria para el país dadas sus condiciones actuales. México tiene una necesidad urgente de atender tanto la desigualdad social creciente como la degradación ambiental. Por lo tanto, cuando la política climática se convierta en acción efectiva, la condición sobre los resultados finales será el obtener un mejor balance sistémico. Las acciones climáticas deben estar en consonancia con el orden ecológico y la interdependencia temporal y espacial que existen entre los distintos sectores de la sociedad (Salazar y Masera, 2010).

Se dispone ya de un conjunto de conocimientos suficiente sobre el cambio climático y los escenarios futuros para este siglo, así como de una amplia variedad de conocimientos y tecnologías apropiadas con las cuales se pueden tomar decisiones apropiadas ante esta crisis. No obstante, a la par del calentamiento global que afecta directamente las bases materiales de muchos de los sistemas productivos, en México se debe atender una realidad social, económica y ecológica difícil para una porción muy significativa de la población en muchas regiones.

Potenciales de Mitigación en los Sectores Emisores Clave

Los estudios que se han realizado muestran que México tiene un potencial de mitigación importante. Esta tarea implica activar una transición conjunta en tres sectores clave: energético, forestal y agrícola (CICC, 2009). A continuación solamente discutiremos las potencialidades agrícolas y forestales.

México carece de un plan agropecuario estratégico. Se necesita trabajar en un nuevo modelo de producción agrícola que incluya conservación de suelos, agricultura bajo ambientes protegidos, acuacultura, agricultura orgánica y agroforestería. Los nuevos modelos de agricultura deben contar con mayor diversidad de productos y de opciones energéticas. Por ejemplo, es posible convertir residuos agrícolas en recursos útiles como los bioenergéticos y los fertilizantes. En la mayoría de los casos, la obtención de estos recursos se puede realizar de manera simultánea y este tipo de actividades dan mayor valor agregado a la producción en el campo.

Históricamente, la política gubernamental ha apoyado la actividad

agrícola sin considerar el contexto forestal del país. Sin embargo, tanto los procesos agrícolas como las sociedades rurales se pueden beneficiar mayormente si se logra integrar al sector forestal en las diversas cadenas productivas. Por ello, es necesario insistir para promover la elaboración de fertilizantes orgánicos y el uso de métodos de agricultura no intensiva, así como el uso de fuentes renovables de energía. Con esto se puede reducir la dependencia de los insumos externos (fertilizantes), evitar emisiones de GEI y aumentar el potencial de captura de carbono del sector.

CONCLUSIÓN

Evitar el calentamiento global no debe considerarse un fin exclusivamente técnico para reducir emisiones, sino un medio necesario para evitar que las condiciones de vida de millones de personas se vuelvan más difíciles en el futuro. Estas condiciones de vida pueden mejorar en comparación a las condiciones actuales por medio de acciones ambientales que formen parte de un plan de desarrollo integral a largo plazo que conduzca hacia una sociedad sustentable.

En particular, el manejo integral de los recursos forestales y agrícolas incluye el aprovechamiento de la biomasa para

mitigar emisiones, reforestar, forestar y habilitar el manejo sustentable de suelos de la agricultura para la captura de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

1. CICC. (2009). *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012*—DOF 28 de agosto de 2009.
2. COP21. (2015). *XXI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático*. París, Francia. http://unfccc.int/meetings/paris_nov_2015/meeting/8926.php (Consulta: 18 de febrero de 2016).
3. GOFC-GOLD. (2015). *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals associated with deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation*. GOFC-GOLD Report version COP21-1, (GOFC-GOLD Land Cover Project Office, Wageningen University, The Netherlands).
4. IPCC. (2003). *Guía de Buenas Prácticas del Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y*
5. De Jong, B.; Masera, O.; Hernández, T. (2004). *Opciones de captura de carbono en el sector forestal*. En: Cambio Climático: Una Visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. Primera Edición. México. pp. 369-380.
6. Emmer, I. (2007). *Manual de contabilidad de carbono y diseño de proyectos*. Proyecto Encofor. Quito, Ecuador. p. 22.
7. Etchevers, B. J. D.; Monreal, M. C.; Hidalgo, M. C.; Acosta, M. M.; Padilla, C. J.; y López, R. R. M. (2005). *Manual para la determinación de carbono en la parte aérea y subterránea de sistemas de producción en laderas*. Colegio de Posgraduados, México.

8. Ley General de Cambio Climático (*Nueva Ley DOF 06-06-2012*). (2012). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.
9. Linares, G.; Valera, M. A.; Torres, E.; Tenorio, M. G.; Saldaña, J. A.; Otazo, E. M.; y Sampedro, M. L. (2014). *Guía para la aplicación de métodos estadísticos en proyectos de secuestro de carbono*. En: Rueda, R.; Marín, M. A.; y Valera, M. A. (editores). *Guías de Técnicas Agrícolas*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Dirección de Fomento Editorial. pp. 59-84.
10. PK Protocolo de Kioto. (1997). En: www.unfccc.int/resource/convkp.html
11. Ponce-Hernández, R. (2004). *Assessing carbon stocks and modelling win-win scenarios of carbon sequestration through land-use changes*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
12. Rodeghiero, M.; Heinemeyer, A.; Bellamy, P. (2010). *Determination of soil carbon stocks and changes*. En: *Soil Carbon Dynamics. An Integrated Methodology*. Kutsch, W. L.; Bahn, M.; and Heinemeyer, A. Cambridge University Press, U. K., pp. 49-75.
13. Rüginitz, M. T.; Chacón, M. L.; Porro R. (2009). *Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales*. Primera Edición. Lima, Perú. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA).
14. Salazar, A. y Maser, O. (2010). *México ante el Cambio Climático. Resolviendo Necesidades Locales con Impactos Globales*. Documento de trabajo. Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C.