Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica

VALORACIÓN MONETARIA DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS PARA EL ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO EN MEXICO

Luis Miguel Galindo y Saúl Basurto

Informe del Proyecto NCAVES

Reconocimientos

Este informe fue preparado por Luis Miguel Galindo y Saúl Basurto, consultores externos para el Proyecto de Contabilidad de Capital Natural y de Valoración de Servicios Ecosistémicos (NCAVES, por sus siglas en inglés), y financiado por la Unión Europea. El proyecto NCAVES está siendo implementado en México bajo el liderazgo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), con el apoyo de la División de Estadísticas de las Naciones Unidas (UNSD, por sus siglas en ingles) y el Programa de las Naciones Unidas para Medio Ambiente (PNUMA).

Descargos de autoría y responsabilidades

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y no representan el punto de vista de las Naciones Unidas, la Unión Europea y las organizaciones involucradas en este proyecto.

Las denominaciones empleadas en los mapas que se incluyen en este informe y la forma en que aparecen presentados los datos que contienen no implican, de parte de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de países territorios, ciudades o zonas o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites

Información para citas bibliográficas y reproducción

Esta obra está disponible en acceso abierto cumpliendo con la licencia Creative Commons creada para organizaciones intergubernamentales, disponible en: http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/

Se permite la reproducción siempre que se cite la fuente.

Galindo, L.M y S. Basurto (2021). Valoración monetaria de los servicios de los ecosistemas para el almacenamiento y secuestro de carbono en México. Informe del proyecto NCAVES. División de Estadística de las Naciones Unidas. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Nueva York.

System of
Environmental
Economic
Accounting

ONU
medio ambiente

Financiado por
la Unión Europea

Contents

1. INTRODUCCIÓN 4

2. MARCO GENERAL DE LA VALORACIÓN MONETARIA DEL SERVICIO DE ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO. 4

3. VALORACIÓN MONETARIA DEL ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO EN BIOMASA. 12

4. VALORACIÓN MONETARIA DEL ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO ORGÁNICO (COS) EN SUELOS: ESTIMACIONES PRELIMINARES. 22

5. VALORACIÓN MONETARIA DEL ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO EN BIOMASA Y CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS (COS): ESTIMACIONES PRELIMINARES. 31

6. VALORACIÓN MONETARIA DEL ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO EN BIOMASA Y CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS: UNA VISIÓN GEOREFERENCIADA. 34

7. VALORACIÓN MONETARIA DE LA BIOMASA AÉREA Y DEL CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS: UNA AGREGACIÓN. 38

8. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES. 43

9. APÉNDICES 44

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático, consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), tiene efectos negativos en las actividades económicas, el bienestar social y el medio ambiente y los ecosistemas. En este sentido, el cambio climático es, desde una óptica económica, una externalidad negativa global que pone en riesgo un bien público global como el clima (IPCC, 2014, Stern, 2006).

En este contexto, los bosques, la vegetación y los suelos[1] capturan (secuestro) y acumulan (almacenamiento) reservas de carbono, a través de la fotosíntesis y otros procesos biológicos, que se expresa en toneladas de carbono por año por un área determinada (tC/ha/año) (Horlings, *et al*., 2019a, pp. 43)[2]. Este secuestro y almacenamiento de carbono puede considerarse entonces un servicio de los ecosistemas a las actividades económicas y humanas al reducir los impactos negativos del cambio climático.

De este modo, el objetivo de este capítulo es estimar el valor monetario del servicio de regulación del secuestro y almacenamiento de carbono en México. El capítulo contiene ocho secciones. La primera es, obviamente, la introducción, la segunda sección presenta un marco contable consistente para el análisis de almacenamiento y secuestro de carbono, la tercera sección presenta la valoración monetaria del almacenamiento y secuestro de carbono en biomasa aérea, la cuarta sección presenta la valoración monetaria preliminar del almacenamiento y secuestro de carbono orgánico en suelos, la quinta sección incluye una síntesis de la valoración monetaria conjunta del almacenamiento y secuestro de carbono en biomasa y suelos, la sexta sección presenta el secuestro y almacenamiento de carbono geo-referenciado, la séptima sección incluye una agregación de la información del secuestro y almacenamiento de carbono consistente con el uso de suelo reportado en otros servicios de ecosistemas y, finalmente, la sexta sección concluye.

2. MARCO GENERAL DE LA VALORACIÓN MONETARIA DEL SERVICIO DE ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO[3].

El servicio general de carbono del ecosistema[4] corresponde, en primer lugar, al servicio de almacenamiento de carbono en los árboles, pasto, plantas, vegetación y suelos que

[1] Se estima que el carbono en los suelos y biomasa contiene entre la mitad y dos terceras partes del carbono en los ecosistemas terrestres (FAO e TIPS; 2015).

[2] El término CO2e (CO2 equivalente) corresponde a 0.27 (12/44) unidades de carbono, esto es, la cantidad de CO_2 puede ser expresada en términos de carbono y el monto de carbono que contiene resulta de multiplicar el monto de CO2 por 0.27 (12/44). Por ejemplo, 1kg de CO2 puede ser expresado como 0.27kg de carbono, puesto que este es el monto de carbono en el CO2 (1kg de carbono equivale a (44/12) kg de CO2).

[3] Agradecemos los comentarios sobre la metodología de este capítulo a Anil Markanya, Bran Edens y Jacob Salcone.

[4] Véase, por ejemplo, Haines-Young y Potschin (2018).

corresponde a la retención o al flujo evitado de carbono en la atmósfera como consecuencia de mantener el stock de carbono secuestrado (SEEA-EEA, 2014, pp. 65) y, en segundo lugar, al servicio de secuestro de carbono que corresponde al proceso donde el CO2 es capturado de la atmósfera y almacenado en boques, vegetación y suelos y que representa la acumulación neta de carbono en el ecosistema (SEEA-EEA, 2014, pp. 65). Este proceso de secuestro y almacenamiento de carbono contribuye a regular el clima y a atender entonces el desafío del cambio climático. De este modo, el secuestro y almacenamiento de carbono se consideran servicios regulatorios[5] finales o finales/intermedios del ecosistema que contribuyen a reducir los potenciales efectos negativos del cambio climático (*Technical Recommendations*, 2014, pp. 79, Horlings, *et al*., 2019a).

La estimación del valor monetario del servicio de carbono debe considerar los siguientes puntos:

1. El almacenamiento y el secuestro de carbono son servicios diferenciados[6] (EEA-SEEA, 2014, pp. 61). El almacenamiento de carbono corresponde al carbono que se mantiene como acervo en el ecosistema y el secuestro de carbono corresponde a la acumulación neta de carbono en un periodo determinado, generalmente de un año, en los ecosistemas y que corresponde al cambio neto en los niveles de almacenamiento de carbono en el ecosistema y donde la pérdida del almacenamiento de carbono se considera una reducción del servicio (EEA-SEEA, 2014, pp. 65 y 87). De este modo, existe una potencial relación asimétrica entre el servicio de almacenamiento y de secuestro de carbono en la medida en que un alto nivel de almacenamiento de carbono puede implicar una baja capacidad para el secuestro de carbono y viceversa.

2. El almacenamiento y el secuestro de carbono se consideran servicios conjuntos que no son independientes. Así, el secuestro de carbono se considera un servicio de regulación final y el almacenamiento de carbono un servicio de regulación final o intermedio que puede ser también un indicador de condición del ecosistema (Edens, *et al*., 2019).

3. La valoración del servicio de almacenamiento y/o secuestro de carbono requiere definir el precio de la tonelada de CO2e. Sin embargo, actualmente, los precios de la tonelada de CO2e son, en muchos casos, mercados regulados o inexistentes (*World Bank*, *et al.*, 2017). Por ello, se utilizan diversos métodos para identificar el precio de la tonelada de CO2e en donde destacan:

[5] El servicio corresponde al almacenamiento y secuestro de carbono de largo plazo y no incluye, por tanto, los ciclos cortos de carbono (Horlings*, et al.*, 2019a).

[6] Asimismo, debe considerarse que el almacenamiento de carbono en los suelos puede contribuir a otros servicios de los ecosistemas, por ejemplo, puede contribuir a elevar la productividad agrícola al mejorar la fertilidad y calidad del suelo y su capacidad de retención de humedad y nutrientes. Estos servicios no son considerados en este estudio.

3.1. El método de costos de abatimiento basado en la estimación del costo de mitigación de una tonelada de CO2e. Ello puede obtenerse, por ejemplo, con base en la estimación de curvas marginales de abatimiento (MAC) que indican el costo de mitigación de la tonelada de CO2e a nivel global o por países (McKinsey & Company (ed.), 2009). Ello requiere identificar una trayectoria de descarbonización viable en el país que contenga los costos de mitigación de la tonelada de carbono lo que en muchos casos no está disponible.

3.2. Estimaciones directas del precio del CO2e en mercados regulados, por ejemplo, con base en un impuesto al carbono o de un sistema de permisos comercializables (ETS). Sin embargo, estas estimaciones no parecen reflejar el verdadero precio del CO2e, por ejemplo, el impuesto al carbono en México, instrumentado desde 2014, se basa en un precio inferior a US$5/tCO2e.

3.3. El método de daños o del costo social del carbono (CSC) (Alatorre, *et al*., 2019). El costo social del carbono representa los costos marginales monetarios de un incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero en las actividades económicas. El CSC expresa entonces el valor presente de los costos económicos presentes y futuros que ocasiona una tonelada extra de CO2e emitida a la atmósfera[7] (Hope, 2006, Anthoff, *et al*., 2011). Este impacto adicional o marginal del carbono se deriva de la diferencia de costos entre el escenario proyectado y el escenario inercial[8] (*Bussiness as usual* -BAU-) ajustado por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Anthoff, *et al*., 2011).

En este estudio se utiliza el costo social del carbono (CSC) que tiene una relación directa con el servicio de capturar una tonelada de carbono de la atmósfera y con el almacenamiento de carbono. Ello permite considerar a ambos, el almacenamiento y el secuestro de carbono, como parte del servicio del ecosistema. Actualmente, existen una gran diversidad de estimaciones del CSC y una amplia literatura de resúmenes y metaanálisis de estas estimaciones[9] que busca identificar el precio de la tonelada de carbono (Norhaus y Moffa, 2017, Moore y Diaz, 2015, Howard y Steiner, 2017 y Alatorre, *et al*., 2019). Esta diversidad de estimaciones se asocia al uso de distintos supuestos, diferentes tasas de descuento y

[7] EL CSC se expresa, normalmente, en dólares por tonelada de carbono.

[8] El escenario inercial (Bussiness As Usual -BAU-) se define, normalmente, como el escenario donde las emisiones de gases de efecto invernadero se doblan y llevan a un aumento de la temperatura global de 2.5ºC (Greenstone, *et al*., 2013, Watkins, *et al*. 2005).

[9] Se excluyen algunos meta-análisis que muestran graves deficiencias: "In this review, we attempt to replicate the impact estimates provided by Tol (2009, 2014) and find a large number of errors and estimates that could not be replicated" (Nordhaus y Moffat, 2017). "There have been several surveys of impacts by researchers. One of the most influential was Tol (2009), which contained a survey of the literature and a statistical analysis. This study was widely criticized as containing significant errors. Tol published a correction (Tol 2014), which also had errors, and the journal published an Editorial Statement (2015) describing the errors and referring interested scholars to the IPCC Fifth Assessment Report." (Nordhaus y Moffat, 2017).

escenarios económicos, sociales, demográficos y climáticos. Por ejemplo, estimaciones recientes como USD (2013) calculan una media de US$47.7/tCO2e y US$56/tCO2e para 2010 y 2030, con un rango entre US$14.9/tCO2e y US$80.5/tCO2e, Nordhaus (2017) estima un precio de US$31/tCO2e para 2010, el IPCC (grupo de trabajo III) (1996) estima un rango de entre US$5/tCO2e a US$125/tCO2e (Clackson y Deyes, 2002) y Horlinis, *et al*., (2019a) aplica un valor de 48 euros por tonelada de CO2e.

En este estudio se utiliza el precio estimado[10] de US$25/tCO2e[11] derivado del metaanálisis de Alatorre, *et al*., (2019) (Cuadro 1) y un escenario alternativo de un precio a la tonelada de CO2e de US$30/tCO2e[12] que refleja el precio, aproximado, en la literatura reciente (Drupp *et al*., 2015). Estos precios de la tonelada de CO2e están, claramente, en el rango de las estimaciones más recientes y es altamente probable que se eleven en el futuro, en particular, al incorporar escenarios extremos de baja probabilidad, pero de altos costos económicos, sociales y ambientales (*US Government*, 2016).

Cuadro 1. Estimaciones del Costo Social del carbono (CSC) con un metaanálisis: efectos aleatorios

Parámetro	Total	Tasa 1	Tasa 2	Tasa 3	Tasa 4
M	$25.83	$100.63	$16.47	$30.14	$6.29
Intervalo de confianza	[24.99-26.67]	[42.96-158.30]	[15.72-17.22]	[17.15-43.18]	[4.08-8.50]
Pruebas de heterogeneidad					
τ^2	3.25***	0.0003***	1.71***	421.7***	0.00
Q-stat	37 477***	9 914***	19 520***	2 131***	14.03
I^2	0.99***	0.99***	0.99***	0.97***	0.00
N	232	62	75	58	31

Nota: *** denota rechazo de la hipótesis nula con un 99% de confianza. Q-Stat se refiere al estadístico Q de la prueba de homogeneidad (Cooper, *et al*., 1994), I^2 mide la proporción de la variación total que se debe a la heterogeneidad (Cooper, *et al*., 1994) y N representa el número de estudios de la muestra. H0: Todos los estudios en la muestra comparten una media poblacional común. La Tasa 1 corresponde a tasas de descuento entre 0 y 0.3%, la Tasa 2 corresponde a tasas de descuento ente 1 y 1.5%, la tasa 3 corresponde a tasas de 2% a 3.5% y la Tasa 4 corresponde a tasas de descuento superiores al 4%. Los resultados están referidos en USD. En los intervalos sin tasas no existen estudios identificados. Fuente: Alatorre, *et al*., (2019).

La valoración monetaria del servicio de almacenamiento y secuestro de carbono tiene como marco contable que el carbono almacenado en el período $t-1$ más el carbono neto secuestrado entre el período t y t-1 corresponde al carbono total almacenado en el período t (ecuación (1)). La ecuación (1) puede estar sujeta a la crítica de omitir un término adicional

[10] El conjunto de observaciones del CSC en el estudio de Alatorre, *et al*., (2019) tiene un promedio de 46.79 dólares.
[11] Nótese que son $25 USD/tCO2e y no por tC. Para hacer la conversión, se utiliza el factor (44/12).
[12] En forma similar, Ricke *et al*. (2018) estima un CSC para México de $32.5 USD la tonelada de carbono al 2020.

que incluya la depreciación neta, el deterioro o la degradación[13] del activo ambiental[14] que se identifica con la evolución de la condición del ecosistema (i.e. activo ambiental). Para reducir este problema se consideran valores netos del almacenamiento y secuestro de carbono.

(1) $$C_t = C_{t-1} + \Delta C_t$$

Donde, C_t representa el total del carbono almacenado en el período t, C_{t-1} es el carbono almacenado en el período $t-1$ y ΔC_t es el secuestro neto de carbono entre el periodo $t-1$ y t.

En este sentido, reordenando a la ecuación (1) se obtiene que la diferencia en el acervo (stock)[15]de carbono entre el período t y $t-1$ corresponde al secuestro (i.e. flujo) de carbono[16].

(2) $$\Delta C_t = C_t - C_{t-1}$$

Estas estimaciones agregan los resultados por tipo de bosque y vegetación que se definen como:

(3) $$C_t = \sum_{j=1}^{J}(C_{j,t})$$

Donde el subíndice j define al tipo de bosque o vegetación.

Las fuentes de los cambios en el secuestro de carbono pueden, además, identificarse a través de las ecuaciones (4.a) y (4.b). En efecto, las ecuaciones (4.a) y (4.b) permiten identificar, para biomasa y suelos, que un aumento del secuestro de carbono se descompone en un término que captura el efecto inercial (*Bussiness As Usual* -BAU-) del aumento en el secuestro de carbono y, en un segundo término, que captura los cambios en la intensidad de

[13] La degradación ambiental corresponde a los cambios en la capacidad del activo ambiental de proveer diversos servicios. De este modo, la degradación se observa en la caída de la condición del ecosistema y en la reducción de su capacidad, que depende también de la condición, de proveer servicios (Obst y Edens, 2019). Este deterioro debe asociarse a las actividades humanas y excluir los efectos de cambios de precios. El cálculo de la degradación es complejo ya que un ecosistema puede proveer diversos servicios de forma simultánea.

[14] Fenichel y Obst (2019) argumentan que la teoría de los precios de activos de capital puede aplicarse a los activos naturales ajustando apropiadamente por el ingreso y ganancias y pérdidas de capital, la depreciación neta y las tasas de descuento.

[15] La valoración monetaria de un activo ambiental se fundamenta en que el precio de un activo corresponde al precio o valor marginal asociado al cambio del stock (extensión, condición y capacidad) en el tiempo (Fenichel y Obst, 2019, pp. 12). En este sentido, el valor del activo corresponde a la suma del valor presente neto de sus servicios donde la evolución del activo ambiental en términos físicos corresponde a:

$$\Delta S_t = G(S)_t - F(S)_t$$

Donde ΔS_t representa los cambios en el stock ambiental en el tiempo t, $G(S)_t$ es el cabio en el stock ambiental o natural debido a procesos naturales y $F(S)_t$ corresponde a los impactos humanos.

[16] Conocido como productividad primaria del carbono.

la captura del secuestro de carbono con respecto a la biomasa o los suelos. De este modo, un coeficiente positivo en la diferencia de los dos coeficientes en el segundo término de la ecuación (4.a) o (4.b) indica una mayor capacidad de secuestrar carbono del ecosistema lo que sugiere una potencial mejora en la condición del ecosistema.

(4.a) $$\Delta C_{Bt} = \alpha_{Bt-1}(BIO_t - BIO_{t-1}) + (\alpha_{Bt} - \alpha_{Bt-1})BIO_t$$

(4.b) $$\Delta C_{St} = \alpha_{St-1}(SUE_t - SUE_{t-1}) + (\alpha_{St} - \alpha_{St-1})SUE_t$$

Donde el coeficiente de biomasa a carbono se define como:

(5.a.) $$\alpha_{Bit} = \left[\frac{C_{jt}}{BIO_{jt}}\right]$$

El coeficiente de suelo a carbono se define como:

(5.b) $$\alpha_{Sit} = \left[\frac{C_{jt}}{SUE_{jt}}\right]$$

Donde BIO_t representa la biomasa en los distintos tipos de bosques y vegetación, SUE_t el tipo de suelo que se asocia a distintos niveles de almacenamiento de carbono orgánico y α_{Bt} y α_{St} corresponden a los coeficientes de carbono contenido en cada tipo de bosques y vegetación para biomasas (B) y para suelos (S). Los subíndices corresponden al tiempo t y $t-1$ y j al tipo de vegetación o suelos.

Las ecuaciones (1) y (2) permiten identificar tres opciones[17] potenciales de valoración monetaria del servicio de carbono (Edens, *et al*., 2019):

1. La valoración del servicio de almacenamiento de carbono[18]. Esta opción busca estimar el servicio de retención de carbono o de regulación del clima (SEEA-EEA Revision, 2020). La valoración monetaria del servicio de almacenamiento de carbono se fundamenta en estimar las toneladas de carbono almacenadas en los árboles y vegetación (considerando distintos

[17] El objetivo del Sistema de Contabilidad Económico-Ambiental. Contabilidad Experimental de los Ecosistemas es valorar monetariamente los flujos y los stocks de los ecosistemas (SEEA-EEA, 2014, pp. 5 y 17).

[18] Sin embargo, debe considerarse que "*The "warehousing" approach would argue that we should not value the service based on tons stored times a relevant carbon price, as we should not confuse the value of what is being stored with the service value of storing, which is about providing a safe / secure place. There would therefore be no double counting issue as in the hypothetical example above. The disadvantage of this approach is however that it lacks an argument…*" (Edens, *et al*., 2019, pp. 7). Por ello se busca valorar el servicio anual del almacenamiento aproximado por el flujo anual del servicio dado por una tasa de interés o de ganancia.

tipos de árboles y vegetación) y suelos que se multiplica por el precio correspondiente de la tonelada de carbono (ecuación (6)):

$$VC_t = \sum_{j=1}^{J} C_{j,t} * PC \quad (6)$$

Donde VC_t representa el valor monetario del servicio de almacenamiento de carbono, $C_{j,t}$ representa la cantidad de carbono almacenado en t y el subíndice j representa el tipo de vegetación, bosque o suelo de acuerdo con su capacidad para almacenar carbono y PC corresponde al precio de la tonelada de carbono[19]. El servicio se mide en toneladas anuales o toneladas de carbono por hectárea por año.

Así, la estimación del valor monetario anual del servicio de carbono almacenado corresponde al valor total del almacenamiento de carbono multiplicado por una tasa de interés o de ganancia anual (ecuación (7)). Este tipo de valoración se aproxima al método de costo de uso donde el valor monetario del activo ambiental se multiplica por la tasa de ganancia y permite estimar lo que se conoce como los ingresos marginales de un activo ambiental (*Technical Recommendations*, 2014, pp. 31). Ello indica que, el valor del servicio del almacenamiento de carbono no corresponde al total del carbono almacenado sino exclusivamente el flujo anual que se obtiene del almacenamiento de carbono:

$$VAC_t = r_t * (C_t * PC) \quad (7)$$

Donde VAC_t representa el valor anual del servicio de almacenamiento de carbono y r_t es la tasa de interés anual. Las tasas de interés utilizadas corresponden a[20]:

- Tasa social de descuento: 2% anual.
- Tasa de interés de mercado: 4% anual.

Sin embargo, esta valoración monetaria del almacenamiento de carbono está sujeta a identificar apropiadamente la extensión, condición y capacidad de un activo ambiental (i.e. biomasa o suelo) para almacenar carbono y, más aún pude argumentarse que el almacenamiento de carbono está más relacionado con la condición del ecosistema más que con el servicio final del carbono del ecosistema.

[19] El precio por tonelada de carbono equivale a PCO2*(44/12), e.g. si el precio por tonelada de CO2 es $25USD, el precio por tonelada de carbono es $91.67USD.
[20] Ver, por ejemplo, Hein, *et al*., (2019) para el uso de tasas de interés de entre 2% y 3% anual.

2. La valoración monetaria del servicio de secuestro[21] neto de carbono. Este método que es ampliamente utilizado implica estimar el secuestro neto del carbono[22] (aumento del secuestro de carbono menos la perdida natural de emisiones en los ecosistemas -i.e. *carbon flux*-) que corresponde a los cambios netos (flujos) en los niveles de almacenamiento del carbono (ecuación (8)) y donde el servicio corresponde a la reducción de concentraciones de CO2e en la atmósfera.

(8) $$\Delta C_t = C_t - C_{t-1}$$

Donde ΔC_t es el secuestro de carbono (neto) en el periodo t.

El valor monetario del servicio de secuestro de carbono se estima entonces de acuerdo con la ecuación (9):

(9) $$V\Delta C_t = \Delta C_t * \ PC_t$$

Donde $V\Delta C_t$ representa el valor monetario del servicio de secuestro de carbono neto.

3. La valoración monetaria del servicio de carbono incluyendo almacenamiento y secuestro de carbono[23] considera el valor monetario anual del almacenamiento de carbono en el período $t-1$ y el valor monetario del secuestro de carbono en el período t (ecuación (10)). Ello busca incorporar los ajustes correspondientes a un activo ambiental.

(10) $$VTC_t = VAC_{t-1} + V\Delta C_t$$

Donde VTC_t representa el valor monetario total del servicio conjunto de captura y almacenamiento de carbono.

Este método de estimación del servicio de carbono permite:

---

[21] Las estimaciones de la oferta de carbono para estimar el secuestro de carbono se basan fundamentalmente en: 1. En el método (indirecto o residual) de estimar el stock de carbono (almacenamiento) y con ello los cambios en los stocks de carbono (secuestro) y 2. El método (pérdidas y ganancias) de estimar el secuestro de carbono directamente que implica considerar todos los flujos de entrada y salida por ecosistema (Edens, *et al*., 2019).

[22] Por ejemplo, con carbon flux o FLUXNET (Edens, *et al*., 2019).

[23] La ecuación (8) es similar a la formación de capital donde:

$$KN_t = KN_{t-1} + \Delta KN_t - \delta_t$$

Donde KN_t es el capital natural y δ representa la tasa de degradación del ecosistema que corresponde a la pérdida activo del ecosistema derivada de cambios en su condición como consecuencia de acciones humanas (Obst y Edens, 2019).

- Consistencia con las estrategias de política pública de cambio climático derivadas, por ejemplo, del Acuerdo de Paris (i.e. RED+) donde se utiliza al bosque como unidad de referencia

- Consistencia con la teoría de activos de capital y sus flujos.

- Incorporar en la valoración monetaria al conjunto del ecosistema en el servicio de carbono. Esto es, permite identificar que el servicio agregado corresponde a tener al carbono fuera de la atmósfera y, al mismo tiempo, preserva consistencia analítica con la valoración de los flujos anuales de servicio.

El uso de estimaciones similares a la ecuación (10) no es necesariamente recomendada por la literatura (Edens, *et al*., 2019) atendiendo a una posible doble contabilidad al estimarse, simultáneamente, el secuestro y el almacenamiento en el tiempo t, a las dificultades conceptuales para interpretar una reducción del secuestro de carbono como un deservicio y a que el almacenamiento de carbono corresponde a la condición del ecosistema o al servicio intermedio del ecosistema más que al servicio final de carbono del ecosistema. Sin embargo, la formulación de la ecuación (10) permite eludir el problema de la doble contabilidad y representa un marco que permite analizar los servicios de almacenamiento y secuestro de carbono conjuntamente (SEEA-EEA, 2014, pp. 61).

3. VALORACIÓN MONETARIA DEL ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO EN BIOMASA.

La biomasa aérea vegetal viva tiene la capacidad de almacenar, capturar y emitir carbono (des-servicio), con diferentes densidades, en los distintos tipos de vegetación y bosques lo que representa un servicio del ecosistema que contribuye a la regulación del clima y del cambio climático.

Las estimaciones[24] de carbono en biomasa aérea viva realizadas por CONAFOR (2018) corresponden a los ciclos de muestreo 2004-2009 y 2009-2014 y referidas a la superficie de 2007 y 2014 de acuerdo con las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación indican que:

[24] "La base para la comparación, son las existencias totales estimadas con los datos del ciclo de muestreo del INFyS 2004-2009 referidas a la superficie de 2007, reportada en la Serie IV de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI y las existencias totales realizadas con los datos del INFyS para el periodo 2009-2014 con referencia a la superficie de 2014 correspondiente a la Serie VI de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI. Para dar un valor más adecuado, se distingue la fase sucesional primaria y secundaria de la vegetación, que refleja de manera más acertada la productividad de los ecosistemas." (CONAFOR, 2018, pp. 150).

1. Existe una importante heterogeneidad en los promedios de almacenamiento de carbono por tipo de bosque y vegetación y donde se observa un aumento del carbono promedio almacenado total por hectárea para los ciclos de muestreo del 2004-2009 y 2009-2014 aunque con comportamientos heterogéneos por tipos de vegetación (Cuadro 1.A, Cuadro 2.A. y Gráfico 1.A en el Apéndice).

2. Existe una fuerte incertidumbre en las estimaciones del carbono almacenado agregadas y por tipo de bosque y vegetación que se expresan en rangos potenciales de error con límites inferiores y superiores (Cuadro 2.A en el Apéndice). En este contexto, destaca que los mayores reservorios de carbono corresponden a selvas altas y medianas bajo condición secundaria (16.1%), coníferas y latifoliadas primarias (14.9%), coníferas (12%) y latifoliadas en etapa primaria y coníferas y latifoliadas en etapa secundaria (7.8%) (CONAFOR, 2018, pp. 83).

3. Las existencias reales de carbono son particularmente sensibles a la condición de la vegetación, boques y selvas por lo que se identifican las existencias de carbono en vegetación primaria y secundaria (Cuadro 3.A, Cuadro 4.A en el Apéndice). Estos ajustes quedan dentro de los rangos de incertidumbre.

Este conjunto de información indica que las existencias de carbono almacenado, estimadas por CONAFOR (2018), para los ciclos de muestreo 2004-2009 y 2009-2014 y referidas a la superficie de 2007 y 2014, aumentaron de 1,299,724,374.58 toneladas de carbono (tC) en el ciclo 2004-2009 a 1,420,469,749.76 tC en el ciclo 2009-2014 (CONAFOR, 2018, pp. 83)[25]. El aumento del carbón almacenado en la biomasa aérea entre los dos ciclos de muestreo[26] implica, desde luego, un servicio positivo del secuestro de carbono[27]. Así, las existencias reales de carbono almacenado, considerando vegetación primaria y secundaria, entre los ciclos 2004-2009 y 2009-2014, aumentaron en 122.4 millones de tC, con un aumento neto de 120.75 millones de tC en la superficie forestal, debido a una pérdida neta en zonas semiáridas y otras áreas forestales de 1.6 millones de tC (CONAFOR, 2018, pp. 152) (Cuadro 2, Cuadro 3 y Cuadro 4). El aumento de las existencias es heterogéneo por tipos de bosque y vegetación (Cuadro 2, Cuadro 3, Cuadro 4 y Gráfico 1).

[25] El 95% del total de la biomasa se concentra en la superficie arbolada y el 95.2% del carbono en las áreas arboladas almacenan el 95.2% del total).

[26] Por su parte, el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de efecto invernadero 1990-2015 reporta que las absorciones de tierras forestales fueron de -138,429.50, -140,551.87, 136,891.25 y 139,970.12 Gg de CO_2 en 1990, 2005, 2010 y 2015, respectivamente; lo que implica un aumento de 1.1% con una tasa de crecimiento promedio anual de 0.04% entre 1990-2015 (INEC, 2018, pp. 165).

[27] Estas estimaciones pueden realizarse a través del método de pérdidas y ganancias o del método de diferencias en el almacenamiento de carbono. En este acaso se utiliza, el método de diferencias en los almacenes es más apropiado para los niveles 2 y 3 del IPCC (2006).

Cuadro 2: Existencias agregadas de carbono en vegetación primaria y secundaria (millones de toneladas)

Ciclo	Vegetación Primaria	Vegetación Secundaria	Existencias totales
2009-2014	802.11	618.36	1,420.47
2004-2009	766.16	533.56	1,299.72
Secuestro: 2009-2014 menos 2004-2009	**35.95**	**84.80**	**120.75**
Secuestro anual 2007-2014 (promedio)	**5.14**	**12.11**	**17.25**

Fuente: Elaboración propia con base en CONAFOR (2018, pp 154-155). Nota: los ciclos 2004-2009 y 2009-2014 utilizan información sobre la superficie y usos de suelo de 2007 y 2014, respectivamente.

Cuadro 3: Cambio en las existencias de carbono almacenado en biomasa 2007-2014: Total vegetación primaria y secundaria (millones de toneladas)

Formación forestal	Coníferas	Coníferas y latifoliadas	Latifoliadas	Bosque mesófilo	Selvas altas y medianas	Selvas bajas	Manglar	Zonas semiáridas	Otras áreas forestales	Total
Primaria	3.70	7.15	3.71	5.24	12.98	8.08	1.28	-3.87	-2.33	**35.95**
Secundaria	8.71	16.22	9.42	2.42	23.36	20.08	0.00	-0.01	4.60	**84.80**
Total	**12.41**	**23.37**	**13.13**	**7.66**	**36.35**	**28.16**	**1.28**	**-3.88**	**2.27**	**120.75**

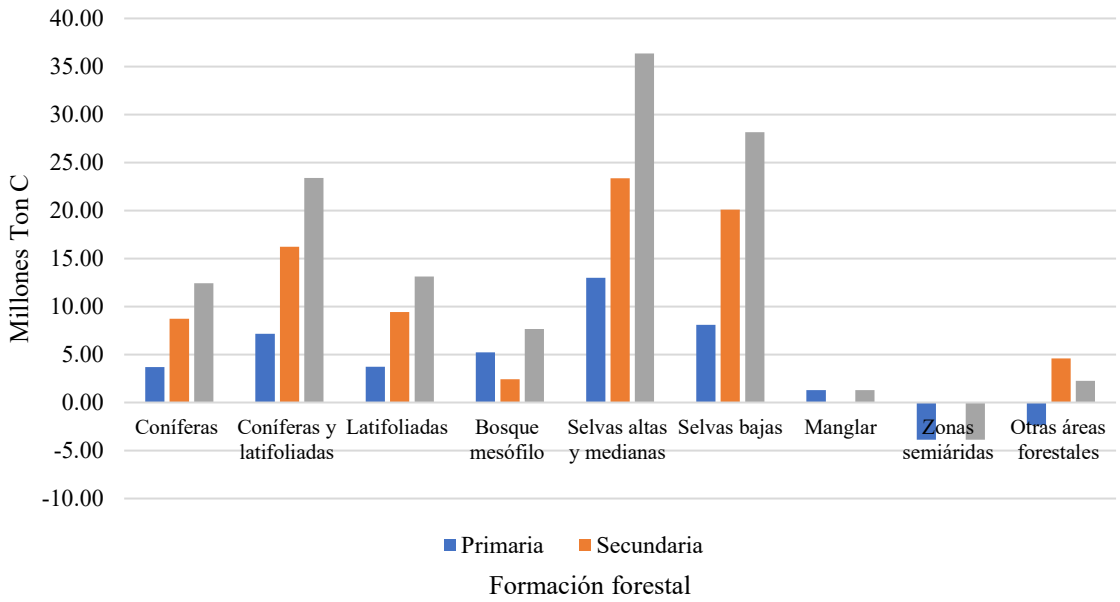
Fuente: CONAFOR (2018), pp. 152.

Cuadro 4: Existencias totales de carbono para los ciclos 2004-2009 y 2009-2014

Ecosistema	Formación forestal	Superficie (millones de ha)		Ciclo de muestreo					
				2004-2009 (2007)			2009-2014 (2014)		
		Serie IV-2007	Serie VI-2014	Biomasa (millones de ton)	Carbono (millones de ton C)	Volumen (millones de m3 RTA)	Biomasa (millones de ton)	Carbono (millones de ton C)	Volumen (millones de m3 RTA)
Bosque	Coníferas	8.12	8.10	480.79	227.32	683.87	507.10	239.73	693.26
	Coníferas y latifoliadas	12.91	12.95	642.47	300.84	735.49	693.58	324.22	799.56
	Latifoliadas	11.24	11.36	359.60	164.85	323.08	388.70	177.98	356.10
	Bosque mesófilo	1.83	1.79	122.62	57.51	170.12	139.41	65.17	182.67
Selvas	Selvas altas y medianas	14.43	13.56	703.56	312.80	1,098.46	816.33	349.14	1,136.26
	Selvas bajas	16.23	16.46	348.80	153.58	446.15	411.42	181.74	534.37
Otras asociaciones		0.53	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manglar		0.95	0.94	28.34	12.37	23.76	31.33	13.65	28.70
Subtotal arbolado		66.23	65.71	2,686.18	1,229.26	3,480.94	2,987.87	1,351.62	3,730.92
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20.77	20.33	81.92	35.31	53.00	72.18	31.42	23.42
	Zonas áridas								
Otras áreas forestales		16.09	15.83	76.56	35.15	60.45	81.78	37.42	77.00
Total forestal		**103.09**	**101.87**	**2,844.67**	**1,299.72**	**3,594.39**	**3,141.83**	**1,420.47**	**3,831.34**

Fuente. CONAFOR (2018), pp. 150-151. Nota: se excluyen los valores de zonas áridas, los cuales no están disponibles para vegetación primaria en la fuente de información. CONAFOR (2018) excluyen dichos valores en la agregación por consistencia.

Gráfico 1. Cambio de las existencias de carbono almacenado 2007-2014 (millones de toneladas)



Fuente: CONAFOR (2018), pp. 152.

La evidencia disponible con base en la ecuación (5.a), muestra que el secuestro de carbono aumento entre 2007 y 2014, con base en el incremento de la biomasa entre 2007 y 2014, ello no obstante una reducción de la capacidad de retener carbono en la biomasa (Cuadro 5). En particular, se observa que el aumento en vegetación secundaria corresponde al 63% del aumento total de biomasa y se asocia con un 70% del total de secuestro de carbono entre los ciclos 2007 y 2014, es decir, el aumento de secuestro de carbono por biomasa se debe en mayor proporción al incremento de vegetación secundaria. Asimismo, considerando la ecuación (5a), se observa que las proporciones de carbono absorbidas tanto por vegetación primaria como secundaria disminuyen de un ciclo a otro. Sin embargo, esta caída es mayor en la vegetación primaria, esto es, la vegetación primaria perdió capacidad de absorción de carbono en mayor magnitud que la vegetación secundaria. Esto refuerza el argumento de que el secuestro de carbono positivo se debe, en mayor medida, al incremento de biomasa en vegetación secundaria (Cuadro 5 y Gráfico 2).

Cuadro 5: Cambios en biomasa y secuestro de carbono en vegetación primaria y secundaria (millones de toneladas y coeficientes)

Formación forestal	Cambios entre ciclos 2004-2009 y 2009-2014		Coeficientes de condición del sistema		
	Cambio en biomasa	Secuestro de carbono	αt	αt-1	αt-αt-1
Primaria	109.78	35.95	0.4509	0.4590	-0.0081
Secundaria	187.37	84.80	0.4537	0.4539	-0.0002
Total	**297.16**	**120.75**	**0.4521**	**0.4569**	**-0.0048**

Fuente: Elaboración propia con base en información de CONAFOR (2018).

Gráfico 2. Cambios en biomasa, secuestro de carbono y condición del recurso por vegetación primaria y secundaria

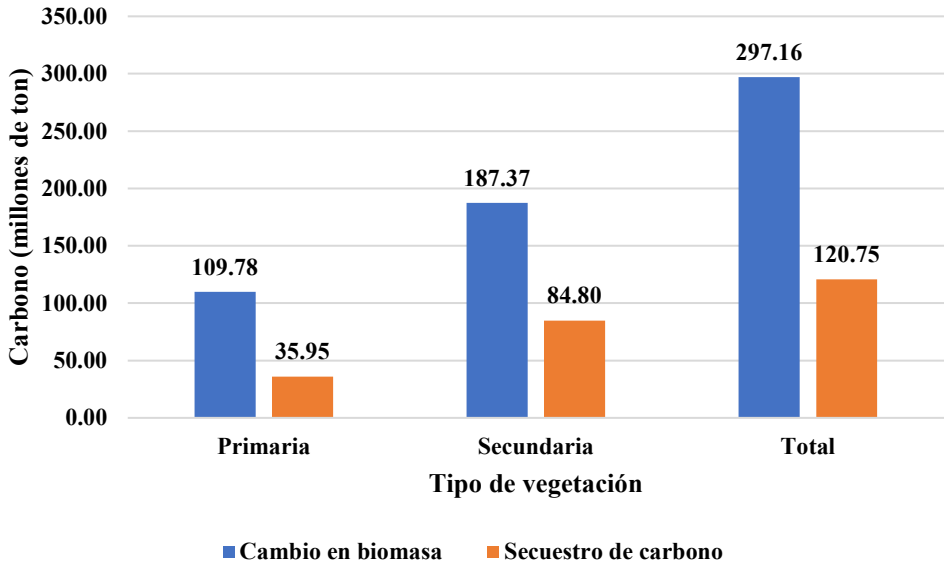


Gráfico 2a. Cambio en biomasa y carbono (millones de toneladas)

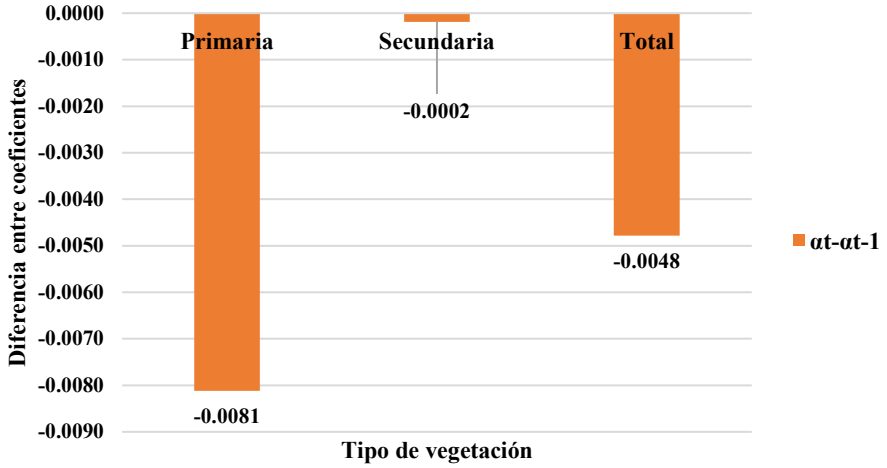


Gráfico 2b. Cambio coeficiente de condición del recurso

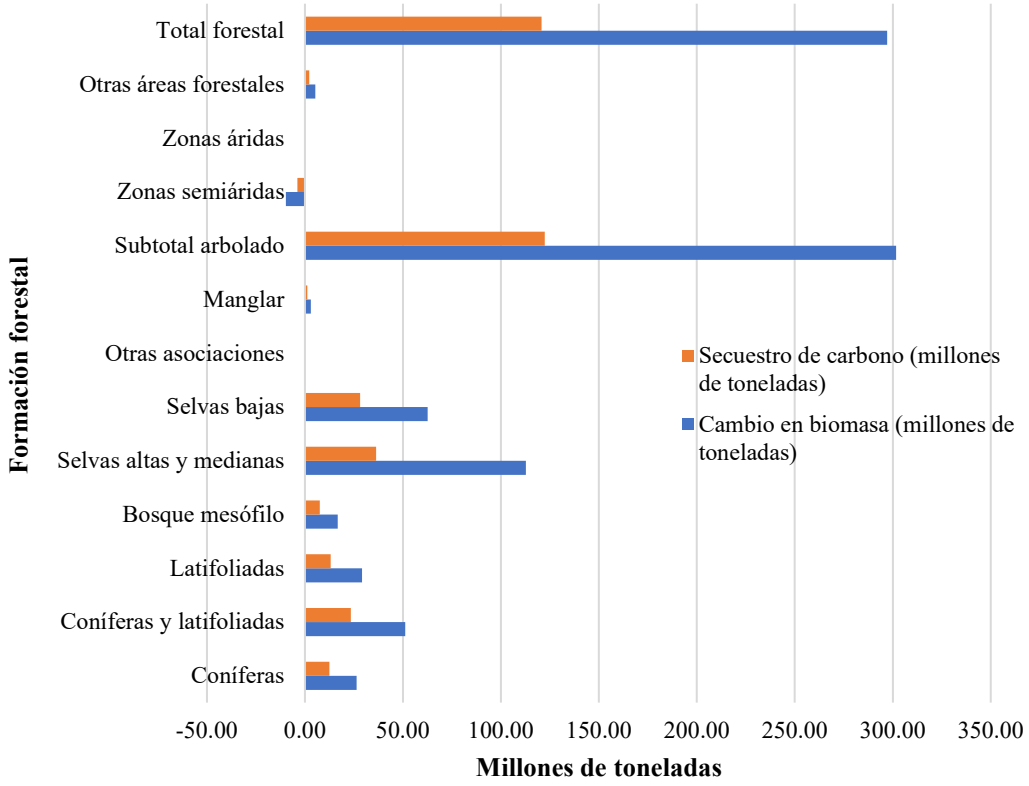
Atendiendo al tipo de formación forestal se observa un incremento de la biomasa, con excepción de las zonas semiáridas, entre los ciclos 2004-2009 y 2009-2014 (Cuadro 6, Gráfico 3 y Gráfico 4) (CONAFOR, 2018, pp. 146-151). De este modo, se observa, de acuerdo con la ecuación (6.a), que, en general, en todos los tipos de bosques y vegetación se incrementó el secuestro de carbono derivado del aumento de la biomasa no obstante que disminuyó la capacidad almacenamiento de carbono en la biomasa, con algunas excepciones como selvas bajas y zonas semiáridas (Cuadro 6, Cuadro 7, Gráfico 2, Gráfico 3 y Gráfico 4).

Cuadro 6: Cambios en biomasa y secuestro de carbono.

Ecosistema	Formación forestal	Cambios entre ciclos 2004-2009 y 2009-2014		Coeficientes de condición del sistema		
		Cambio en biomasa (millones de ton)	Secuestro de carbono (millones de ton)	α_t	α_{t-1}	$\alpha_t-\alpha_{t-1}$
Bosque	Coníferas	26.32	12.41	0.4727	0.4728	-0.0001
	Coníferas y latifoliadas	51.10	23.37	0.4675	0.4683	-0.0008
	Latifoliadas	29.10	13.13	0.4579	0.4584	-0.0005
	Bosque mesófilo	16.80	7.66	0.4675	0.4690	-0.0015
Selvas	Selvas altas y medianas	112.76	36.35	0.4277	0.4446	-0.0169
	Selvas bajas	62.61	28.16	0.4417	0.4403	0.0014
Otras asociaciones		0.00	0.00	NA	NA	NA
Manglar		2.99	1.28	0.4356	0.4364	-0.0008
Subtotal arbolado		301.69	122.36	0.4524	0.4576	-0.0053
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	-9.74	-3.88	0.4354	0.4310	0.0044
	Zonas áridas					
Otras áreas forestales		5.22	2.27	0.4576	0.4592	-0.0015
Total forestal		**297.16**	**120.75**	**0.4521**	**0.4569**	**-0.0048**

Fuente: Elaboración propia con base en información de CONAFOR (2018)

Gráfico 3: Cambios en biomasa, secuestro de carbono y condición del recurso



Fuente: Elaboración propia con base en información de CONAFOR (2018).

Gráfico 4. Coeficientes de condición del sistema para almacenar carbono en biomasa: 2014-2007

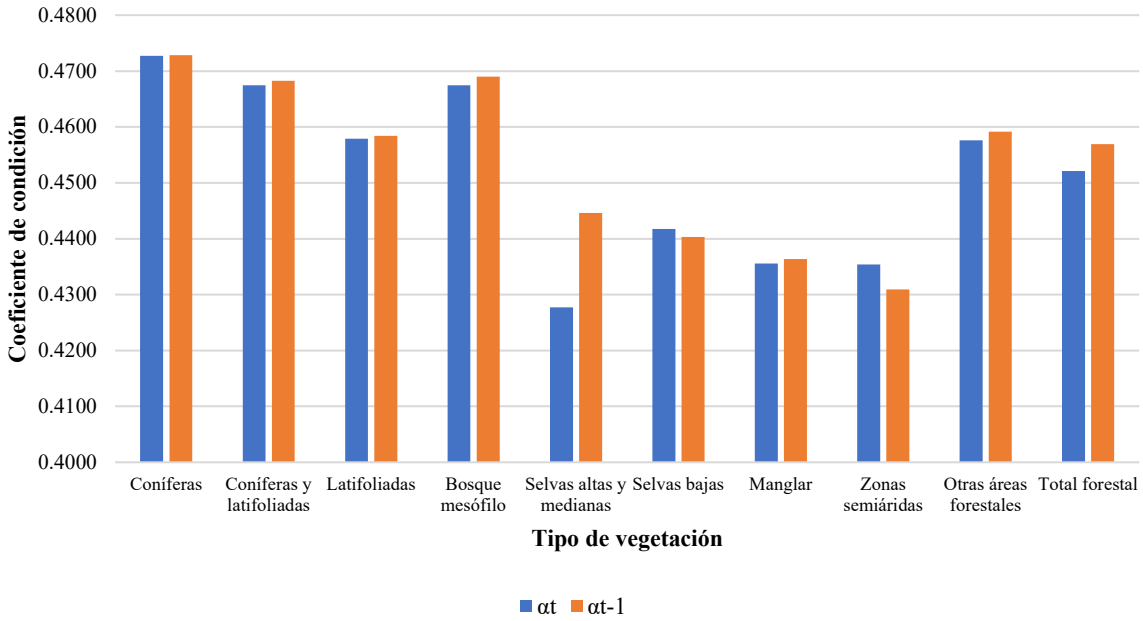


Gráfico 4a. Coeficientes de condición

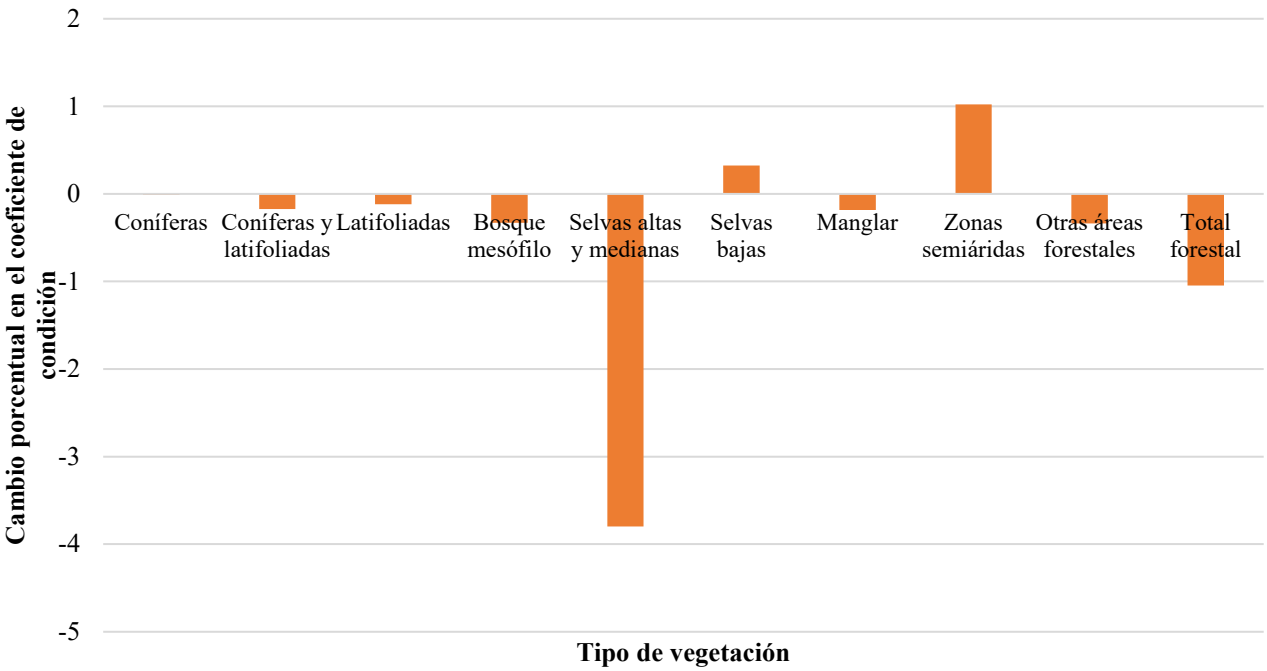


Gráfico 4a. Cambio porcentual en coeficientes de condición (%)

Fuente: Elaboración propia con base en información de CONAFOR (2018).

La valoración monetaria del servicio de carbono en la biomasa viva en boques y vegetación se realiza por los métodos de:

1. Servicio anual de almacenamiento de carbono.

2. Servicio de secuestro de carbono.

3. Servicio de almacenamiento anual y de secuestro de carbono.

Las estimaciones[28] indican que (Cuadro 7, Cuadro 8 y Gráfico 5):

1. El carbono almacenado en la biomasa viva para el ciclo 2009-2014 es de 1,420.47 millones de tC que corresponde a un servicio anual de $2,604.195 millones de US dólares en un escenario de US$25/tCO2e y una tasa social de interés de 2% promedio anual. Ello representa $34,635.79 millones de pesos[29] que corresponde al 0.21% del PIB de 2014. Escenarios con US$25/tCO2e y US$30/tCO2e con tasas de interés de mercado (4%) se presentan en el Cuadro 5A en el apéndice.

[28] Se utiliza una tasa de descuento de 2% para ilustrar un escenario consistente con un desarrollo sustentable y una tasa de 4% para ilustrar un escenario de mercado.
[29] Se utiliza un tipo de cambio nominal de 13.30 para convertir dólares a pesos, que corresponde al tipo de cambio promedio nominal del 2014 (Banco de México, 2020).

2. El carbono almacenado en la biomasa viva para el ciclo 2004-2007 es de 1,299.72 millones de tC que corresponde a un servicio anual de $119,141.40 millones de US dólares en un escenario de US$25/tCO2e y una tasa social de interés de 2% promedio anual. Ello representa $31,691.61 millones de pesos[30] que corresponde al 0.189% del PIB de 2014. Escenarios con US$25/tCO2e y US$30/tCO2e y tasas de interés de mercado (4%) se presentan en el Cuadro 5A en el apéndice.

3. El secuestro neto de carbono, para los ciclos 2004-2009 y 2009-2014, con base en la superficie de los años 2007 y 2014, es de 120.75 millones de toneladas que corresponde a 17.25 millones de toneladas de carbono promedio anual entre 2007 y 2014. De este modo, el valor monetario del servicio de secuestro de carbono, con un escenario de US$25/tCO2e, corresponde a $11,068.33 millones de dólares entre 2007-2014 y un valor monetario promedio anual del secuestro de carbono en 2014, de $1,581.19 millones de dólares. Ello se traduce en un servicio anual del secuestro de carbono de $21,029.82 millones de pesos que representa el 0.13% del PIB de 2014. El escenario con $30 US dólares y tasas de interés de 4% se incluye en el Cuadro 5A en el apéndice. Ver cuadro 5A en el apéndice para los cálculos restantes.

Cuadro 7: Carbono almacenado y secuestrado en biomasa: 2004-2009 y 2009-2014: tC/ha/año.

	2004-2009	2009-2014	(2009-2014) – (2004-2009)
Carbono almacenado en vegetación primaria (millones de ton)	766.16	802.11	35.95
Carbono almacenado en vegetación secundaria (millones de ton)	533.56	618.36	84.80
Carbono almacenado total (millones de ton)	1,299.72	1,420.47	
Secuestro de carbono 2007-2014 (millones de ton)			**120.75**
Secuestro de carbono anual (promedio-ton)			**17.25**
Carbono almacenado en vegetación primaria (ton/ha)	7.94	8.49	0.54
Carbono almacenado en vegetación secundaria (ton/ha)	12.49	14.27	1.78
Carbono almacenado total (ton/ha)	9.34	10.30	
Cambio en el carbono almacenado total 2007-2014 (ton/ha)			0.97
Secuestro de carbono 2007-2014 (ton/ha de 2014)			0.88
Secuestro de carbono anual (promedio-ton/ha de 2014)			0.13

Fuente: Elaboración propia con base en información de CONAFOR (2018). La estimación del secuestro de carbono anual se obtiene de dividir el flujo de secuestro de carbono para el período 2007-2014.

[30] Se utiliza un tipo de cambio nominal de 13.30 para convertir dólares a pesos, que corresponde al tipo de cambio promedio nominal del 2014 (Banco de México, 2020).

Cuadro 8. Valor monetario del almacenamiento (t-1) y secuestro de carbono en biomasa.

Concepto	25 dólares		30 dólares	
	2%	4%	2%	4%
Valor anual del almacenamiento (% del PIB) (t-1)	0.1893	0.3786	0.2271	0.4543
Valor anual del secuestro (% del PIB)	0.1256	0.1256	0.1507	0.1507
Valor anual de almacenamiento y secuestro (% del PIB)	**0.3149**	**0.5042**	**0.3779**	**0.6050**

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5: Valor monetario del almacenamiento y secuestro de carbono en biomasa (millones de pesos de 2014)

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados muestran que el valor monetario del servicio de almacenamiento y secuestro de carbono es relevante en México, desde luego, atendiendo a la importancia de los boques, selvas y vegetación en el territorio nacional. El valor anual de los servicios de almacenamiento y secuestro del carbono oscilan entre 0.19%-0.45% y entre 0.13%-0.15% del PIB de México en 2007-2014, respectivamente. En conjunto, el valor total de almacenamiento y secuestro de carbono por biomasa oscila entre 0.31% y el 0.61% del PIB de México de 2014. Es evidente que el valor de estos servicios depende, fundamentalmente, del precio del CO2e aplicado y de la tasa de interés utilizada. En este sentido, debe considerarse que el valor monetario del servicio de almacenamiento y secuestro de carbono está indisolublemente asociado a la evolución del Acuerdo de Paris de Cambio Climático.

4. VALORACIÓN MONETARIA DEL ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO ORGÁNICO (COS) EN SUELOS: ESTIMACIONES PRELIMINARES[31].

La información disponible sobre el Carbono Orgánico en Suelos (COS) muestran una alta incertidumbre, pero sugiere que[32]:

1. La captura y almacenamiento de carbono[33] en suelos es una función compleja de diversos factores en donde destacan las características y del manejo de suelos, de la vegetación y de los bosques y arbustos, los tipos de especies, la extensión y condición del ecosistema, el clima y las características locales, de los océanos y en donde persiste un importante nivel de incertidumbre (Bateman, *et al*., 2000, Gorte, 2007, Smith, 2004). Por ello, las estimaciones realizadas deben de tomarse con precaución (Jones, *et al*., 2012).

2. Existen diversas estimaciones internacionales sobre el contenido de carbono orgánico en los suelos (COS) en donde se observan algunos patrones regulares:

2.1. Se estima que, a nivel global, el almacenamiento de carbono en el suelo es mayor que el carbono almacenado en biomasa viva o muerta y en la atmósfera (Lal, 2004, Paz y Etchevers, 2016a).

2.2. El Carbono Orgánico en los Suelos (COS) a una profundidad de 0-30 centímetros corresponde al 50% del carbón acumulado estimado para un metro de profundidad (Paz

[31] Los métodos de estimación de COS no están incluso armonizados.
[32] Paz-Pellat et al. (2016) utiliza las estimaciones del Informe México de FAO FRA de las series II (1993), III (2002) y IV (2007) (CONAFOR, 2010), para generar estimaciones multitemporales del COS en los ecosistemas de México, las cuales corresponden a las series V (2011) y VI (2014). Para generar las estimaciones de esta última serie (2014), se utilizaron los mismos procedimientos y metodologías que utilizó el INEGI para el desarrollo de las series II, III, IV y V.
[33] No se incluye Carbono Inorgánico en Suelos (CIS) (Paz y Etchvers, 2016ª).

Pellat, *et al*. 2016)[34]. Ello es consistente con el IPCC (2006) que recomienda utilizar estimaciones para el almacenamiento de carbono en suelos para 0 a 30 cts. de profundidad (Paz y Etcevers, 2016).

3. Las estimaciones sobre el Carbono Orgánico en los suelos (COS) sugieren que acervos promedios de carbono, a nivel global, son de 1,500 Pg C[35] para una profundidad entre 0 y 100 cts. (IPCC, 2000, Gorte, 2007).

De este modo, la evidencia para México estima que el carbono orgánico almacenado total en suelos en 2014 es de 9,152.47 millones de tC (Cuadro 9)[36] y el secuestro de carbono en suelos se estima en 24.46 millones de tC entre 2007 y 2014 (Cuadro 9 y Cuadro 6.A y 7.A en el Apéndice). El almacenamiento y el secuestro por tipo de suelo es, además, muy heterogéneo (Cuadro 10, Cuadro 6.A, Cuadro 7.A, Cuadro 8.A y Cuadro 9.A en el Apéndice).

Cuadro 9: Carbono almacenado y secuestrado en suelos: 2007 y 2014: tC/ha/año

	2007	2014	2014-2007
Carbono almacenado total (millones de ton)	9,128.01	9,152.47	
Secuestro de carbono 2007-2014 (millones de ton)			24.46
Secuestro de carbono anual (promedio-millones de ton)			3.49
Carbono almacenado total (ton/ha)	46.97	47.10	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 10: Carbono orgánico en suelos por tipo de cobertura vegetal: 2007 y 2014

Clase FAO	Tipo de vegetación	2007		2014	
		Superficie (millones de ha)	COS total (millones de ton)	Superficie (millones de ha)	COS total (millones de ton)
Bosques	Bosque de ayarin	0.040	5.444	0.040	5.584
	Bosque de cedro	0.002	0.138	0.002	0.144
	Bosque de oyamel	0.144	22.486	0.144	22.404
	Bosque de pino	7.279	530.094	7.279	542.943
	Bosque de pino-encino	8.659	553.845	8.659	550.255
	Bosque de táscate	0.318	22.265	0.318	24.010
	Bosque de encino	11.099	563.907	11.099	555.275
	Bosque de encino- pino	4.216	207.311	4.216	210.104
	Bosque mesófilo de montaña	1.703	210.498	1.703	230.807
	selva alta de perennifolia	3.449	338.920	3.449	306.812
	selva alta de subperennifolia	0.154	8.111	0.154	8.229

[34] Los errores en las estimaciones entre 0 y 30 cts. utilizando el método del IPCC del nivel 1 son menores al 10% (Paz y Pellat, *et al*., 2016).
[35] 1 PgC=1 GtC=1,000,000,000 toneladas de carbono.
[36] Se incluyen en el Cuadro 9.A y en el Cuadro 10.A las series estimadas de COS.

	selva mediana perennifolia	0.001	0.037	0.001	0.041
	Selva mediana subperennifolia	5.325	570.131	5.325	574.565
	Selva baja perennifolia	0.040	3.247	0.040	4.429
	Selva mediana subcaducifolia	4.162	338.061	4.162	337.513
	Selva baja subcaducifolia	0.074	5.929	0.074	4.008
	Selva mediana caducifolia	0.972	37.571	0.972	40.190
	Selva baja caducifolia	14.166	689.517	14.166	675.843
	Selva baja espinosa	0.605	20.583	0.605	23.050
	Selva baja subperennifolia	0.985	121.804	0.985	144.228
	Mezquital (MKE)	0.074	2.348	0.074	4.641
	Selva de galería	0.002	0.145	0.002	0.367
	Bosque de galería	0.019	0.951	0.019	1.140
	Petén	0.045	3.322	0.045	4.515
	Manglar	0.887	79.149	0.887	85.815
	Mezquital (MK)	0.316	10.151	0.316	9.178
	Palmar natural	0.018	0.480	0.018	0.713
	Bosque inducido	0.000	0.017	0.000	0.225
	Total	64.752	4,346.463	64.752	4,367.026
Otras tierras boscosas	Matorral de coníferas	0.001	0.063	0.001	0.000
	Matorral subtropical	1.337	58.191	1.337	55.700
	Matorral espinoso tamaulipeco	3.263	122.491	3.263	121.896
	Matorral sarco-crasicaule	2.333	22.787	2.333	20.350
	Matorral sarco-crasicaule de neblina	0.569	4.457	0.569	4.268
	Matorral sarcocaule	5.369	65.200	5.369	68.122
	Matorral submontano	2.758	160.756	2.758	157.463
	Chaparral	2.106	76.544	2.106	73.223
	Mezquital (MKX)	2.391	72.969	2.391	71.877
	Total	20.128	583.458	20.128	572.898
Otras tierras	Vegetación de galería	0.140	4.603	0.140	6.099
	Vegetación halófila (VHH)	0.432	32.010	0.432	28.004
	Popal	0.142	24.113	0.142	21.441
	Tular	0.910	80.418	0.910	89.726
	Vegetación de dunas costeras	0.158	1.992	0.158	1.939
	Matorral crasicaule	1.515	50.860	1.515	51.715
	Matorral desértico micrófilo	21.523	600.015	21.523	581.539
	Matorral desértico rosetófilo	10.620	363.400	10.620	358.970
	Matorral rosetófilo costero	0.468	8.212	0.468	8.356
	Vegetación de desiertos arenosos	2.148	20.770	2.148	21.724
	Vegetación gipsófila	0.028	0.499	0.028	0.850
	Vegetación halófila (VH)	2.495	61.549	2.495	59.919
	Pastizal Natural	10.047	328.028	10.047	298.308
	Pastizal Halófilo	1.781	43.346	1.781	43.672
	Pastizal Gipsófilo	0.035	1.927	0.035	2.115
	Pradera de alta montaña	0.016	0.811	0.016	0.818

	Sabanoide	0.185	1.913	0.185	1.468
	Sabana	0.189	9.850	0.189	6.832
	Pastizal inducido	6.676	317.806	6.676	359.550
	Palmar inducido	0.109	7.524	0.109	6.612
	Información agrícola- pecuaria-forestal	45.935	2,114.466	45.935	2,114.534
	Zona urbana	1.112	44.115	1.112	47.881
	Área desprovista de vegetación	0.063	0.000	0.063	0.000
	Asentamiento humano	0.154	0.000	0.154	0.000
	Área sin vegetación aparente	0.977	18.582	0.977	25.912
	Vegetación secundaria herbácea	0.188	9.766	0.188	19.633
	Total	108.046	4,146.575	108.046	4,157.617
Agua	Cuerpos de agua	1.359	50.632	1.359	53.460
	Total	1.359	50.632	1.359	53.460
Bosque cultivado	Bosque cultivado	0.033	0.882	0.033	1.470
	Total	0.033	0.882	0.033	1.470
Totales		**194.317**	**9,128.010**	**194.317**	**9,152.471**

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2016).

Las estimaciones de la ecuación (4.b), sintetizadas en el Cuadro11, en el Gráfico 6, Gráfico 7, Gráfico 2.A y Cuadro 10.A en el apéndice, indican que la capacidad del secuestro de carbono orgánico aumento en la mayoría de los tipos de suelos, aunque con un comportamiento heterogéneo y algunas excepciones.

Cuadro 11: Cambios en carbono orgánico en suelos (COS) y secuestro de carbono

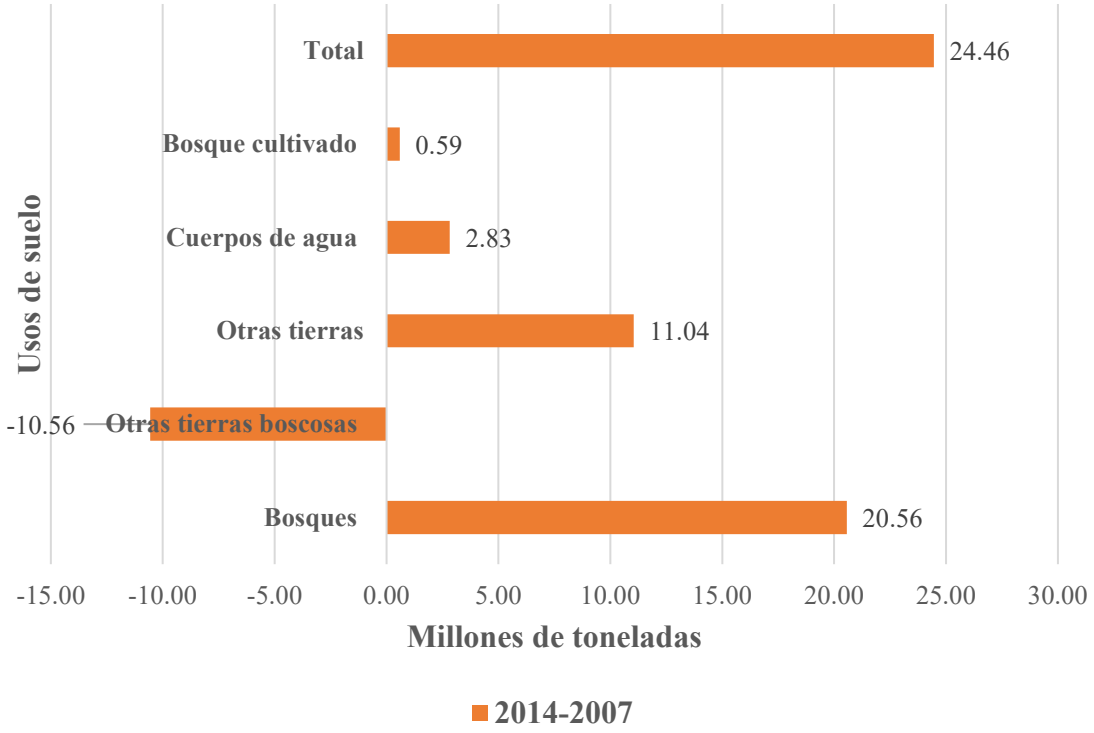
Ecosistema	Formación forestal	Coeficientes de condición del sistema		
		αt	**αt-2**	**(αt – αt-2)**
Bosques	Bosque de ayarin	140.125	136.612	3.513
	Bosque de cedro	72.764	69.732	3.032
	Bosque de oyamel	155.428	155.997	-0.569
	Bosque de pino	74.590	72.825	1.765
	Bosque de pino-encino	63.549	63.963	-0.415
	Bosque de táscate	75.599	70.104	5.494
	Bosque de encino	50.028	50.806	-0.778
	Bosque de encino- pino	49.833	49.171	0.662
	Bosque mesófilo de montaña	135.558	123.630	11.928
	selva alta de perennifolia	88.960	98.270	-9.310
	selva alta de subperennifolia	53.516	52.749	0.767

	selva mediana perennifolia	74.545	67.273	7.273
	Selva mediana subperennifolia	107.890	107.058	0.833
	Selva baja perennifolia	111.298	81.595	29.703
	Selva mediana subcaducifolia	81.093	81.224	-0.132
	Selva baja subcaducifolia	53.970	79.838	-25.868
	Selva mediana caducifolia	41.368	38.673	2.696
	Selva baja caducifolia	47.709	48.674	-0.965
	Selva baja espinosa	38.100	34.022	4.078
	Selva baja subperennifolia	146.480	123.706	22.774
	Mezquital (MKE)	62.863	31.804	31.059
	Selva de galería	186.959	73.867	113.092
	Bosque de galería	58.678	48.950	9.728
	Petén	100.626	74.038	26.589
	Manglar	96.795	89.276	7.519
	Mezquital (MK)	29.071	32.153	-3.082
	Palmar natural	40.018	26.941	13.077
	Bosque inducido	625.000	47.222	577.778
	Total (bosques)	67.442	67.125	0.318
Otras tierras boscosas	Matorral de coníferas	0.000	69.155	-69.155
	Matorral subtropical	41.659	43.522	-1.863
	Matorral espinoso tamaulipeco	37.356	37.539	-0.182
	Matorral sarco-crasicaule	8.722	9.766	-1.044
	Matorral sarco-crasicaule de neblina	7.501	7.834	-0.332
	Matorral sarcocaule	12.688	12.144	0.544
	Matorral submontano	57.093	58.286	-1.194
	Chaparral	34.765	36.342	-1.577
	Mezquital (MKX)	30.058	30.515	-0.457
	Total (otras tierras boscosas)	28.463	28.988	-0.525
Otras tierras	Vegetación de galería	43.572	32.885	10.688
	Vegetación halófila (VHH)	64.767	74.032	-9.265
	Popal	150.837	169.634	-18.797
	Tular	98.630	88.399	10.232
	Vegetación de dunas costeras	12.311	12.647	-0.336
	Matorral crasicaule	34.138	33.574	0.564
	Matorral desértico micrófilo	27.020	27.878	-0.858
	Matorral desértico rosetófilo	33.803	34.220	-0.417
	Matorral rosetófilo costero	17.844	17.536	0.308
	Vegetación de desiertos arenosos	10.115	9.671	0.444
	Vegetación gipsófila	29.976	17.598	12.378
	Vegetación halófila (VH)	24.019	24.672	-0.653
	Pastizal Natural	29.692	32.651	-2.958
	Pastizal Halófilo	24.519	24.336	0.183
	Pastizal Gipsófilo	60.048	54.710	5.338
	Pradera de alta montaña	49.660	49.235	0.425
	Sabanoide	7.943	10.351	-2.408
	Sabana	36.161	52.135	-15.974

	Pastizal inducido	53.854	47.602	6.253
	Palmar inducido	60.492	68.836	-8.344
	Información agrícola- pecuaria- forestal	46.033	46.032	0.001
	Zona urbana	43.040	39.655	3.385
	Área desprovista de vegetación	0.000	0.000	0.000
	Asentamiento humano	0.000	0.000	0.000
	Área sin vegetación aparente	26.536	19.029	7.506
	Vegetación secundaria herbácea	104.227	51.845	52.382
	Total (otras tierras)	38.480	38.378	0.102
Agua	Cuerpos de agua	39.350	37.269	2.082
	Total (cuerpos de agua)	39.350	37.269	2.082
Bosque cultivado	Bosque cultivado	44.527	26.716	17.811
	Total (bosque cultivado)	44.527	26.716	17.811
Totales	Total	47.101	46.975	0.126

Notas: Los coeficientes corresponden a los períodos de 2007 y 2014. Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI (2016).

Gráfico 6: Secuestro de Carbono Orgánico en Suelos (COS)



Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI (2016).

Gráfico 7. Coeficientes de condición del sistema en suelos para almacenar carbono 2014-2007

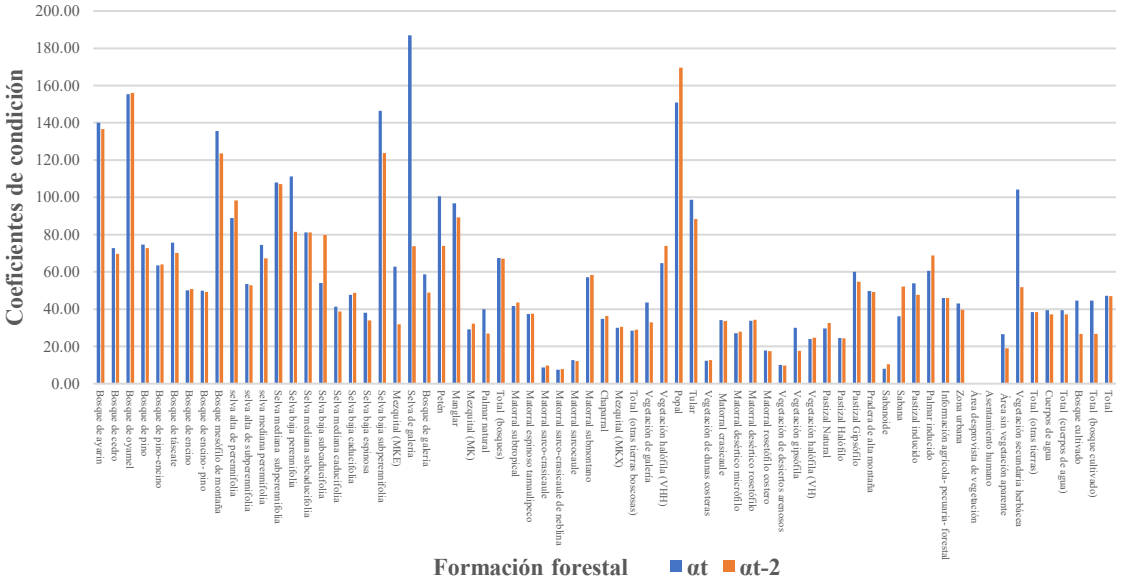


Gráfico 7a. Coeficientes de condición del sistema

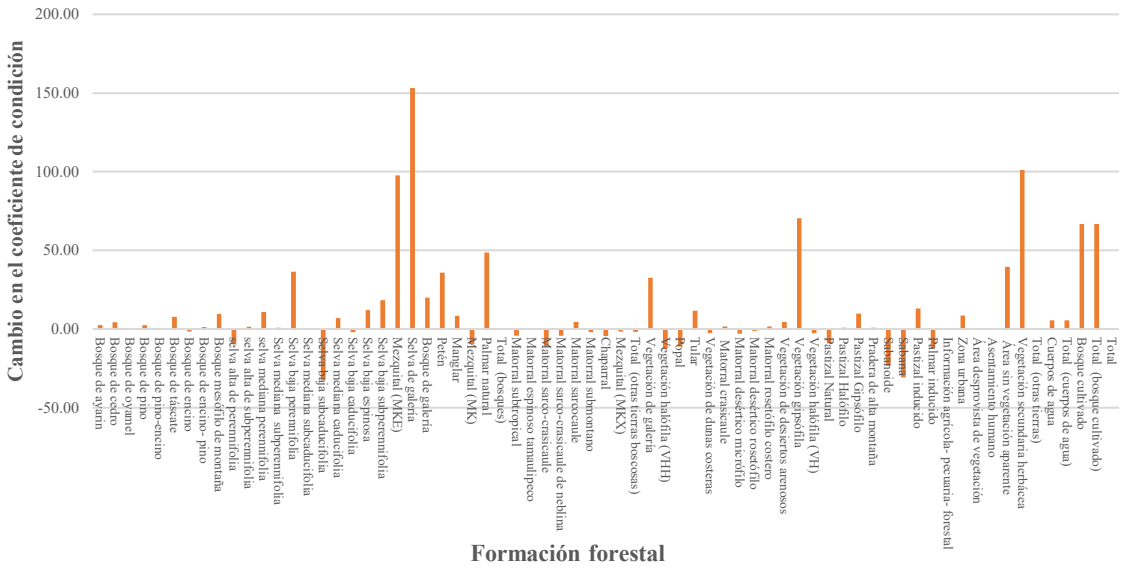


Gráfico 7b. Cambio en los coeficientes de condición del sistema (%)

Fuente: Elaboración propia. Nota: Bosque inducido se excluye por valores atípicos.

Este conjunto de información permite la valoración monetaria del servicio de carbono en suelos por los métodos de:

1. Servicio anual de almacenamiento de carbono.

2. Servicio de secuestro de carbono.

3. Servicio de almacenamiento anual y de secuestro de carbono.

Las estimaciones de la valoración monetaria anual del acervo de almacenamiento de carbono orgánico en los suelos entre 0 y 100 cts. se sintetizan en el Cuadro 12, Gráfico 8, Cuadro 11.A, Cuadro 12.A y Cuadro 13.A en el Apéndice.

El valor monetario del servicio anual de almacenamiento de carbono orgánico en los suelos es de $16,779.53 millones de dólares para 2014 en un escenario de US$25/tCO2e y de tasa de interés de 2%. Ello representa $223,167.75 millones de pesos[37] que corresponde al 1.33% del PIB de 2014. Escenarios con US$25/tCO2e y US$30/tCO2e y tasas de interés de mercado (4%) se presentan en el Cuadro 12 y en el Apéndice. El valor monetario del servicio anual de almacenamiento de carbono orgánico en los suelos es de $16,734.69 millones de dólares para 2007 en un escenario de US$25/tCO2e y 2% de tasa de interés. Ello representa $222,571.31 millones de pesos[38] que corresponde también, aproximadamente, al 1.33% del PIB de 2014[39]. Escenarios con US$25/tCO2e y US$30/tCO2e y tasas de interés de mercado (4%) se presentan en el Cuadro 12.

El valor del secuestro neto de carbono orgánico en los suelos, entre 2007-2014, es de $2,242.26 millones de dólares en un escenario de US$25/tCO2e (Cuadro 12). Ello se traduce en un servicio total y anual del secuestro de carbono de $29,822.04 y $4,260.29 millones de pesos que representan el 0.178% y el 0.025% del PIB de 2014 respectivamente. El escenario con US$30/tCO2e se incluye en el Cuadro 12.

Finalmente, el valor monetario del servicio de almacenamiento y secuestro de carbono, con US$25/tCO2e y 2% de tasa de interés, es de $226,831.60 millones de pesos que corresponde a 1.355% del PIB de 2014. Las valoraciones monetarias con US$30/tCO2e y tasas de interés de 2% y 4% se incluyen en el Cuadro 12.

Todo, ello significa un valor económico relevante del servicio de carbono en suelos en México.

Las diversas estimaciones del servicio de almacenamiento y secuestro de carbono orgánico en suelos como proporción del PIB de 2014 indican que el valor monetario del secuestro neto

[37] Se utiliza un tipo de cambio nominal de 13.30 para convertir dólares a peses, que corresponde al tipo de cambio promedio nominal del 2014 (Banco de México, 2020).
[38] Se utiliza un tipo de cambio nominal de 13.30 para convertir dólares a pesos, que corresponde al tipo de cambio promedio nominal del 2014 (Banco de México, 2020).
[39] El porcentaje del PIB es similar por el redondeo.

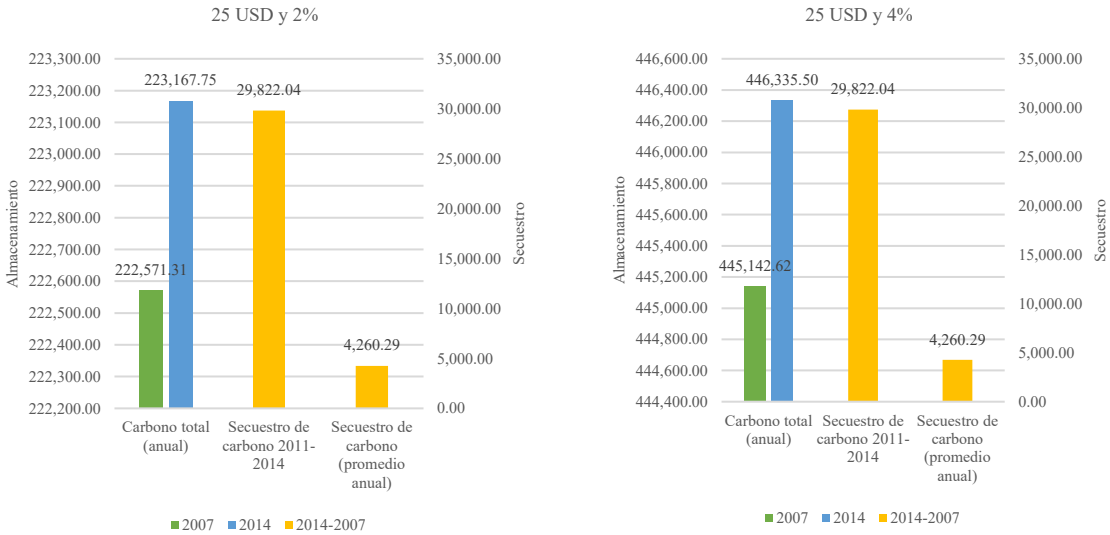
de carbono es inferior al valor monetario anual del almacenamiento de carbono (Gráfico 8). Ello indica que el almacenamiento de carbono es un factor relevante que debe de estar incorporado en el contexto de la política climática y de la contabilidad de los ecosistemas.

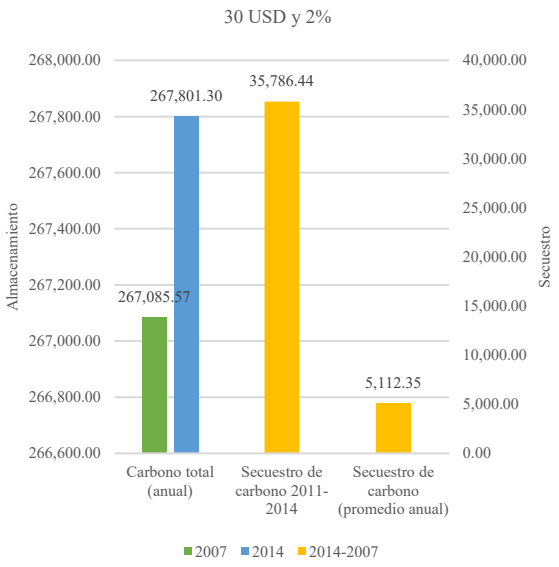
Cuadro 12: Valor monetario del servicio de almacenamiento y secuestro de carbono orgánico en suelos: 2014.

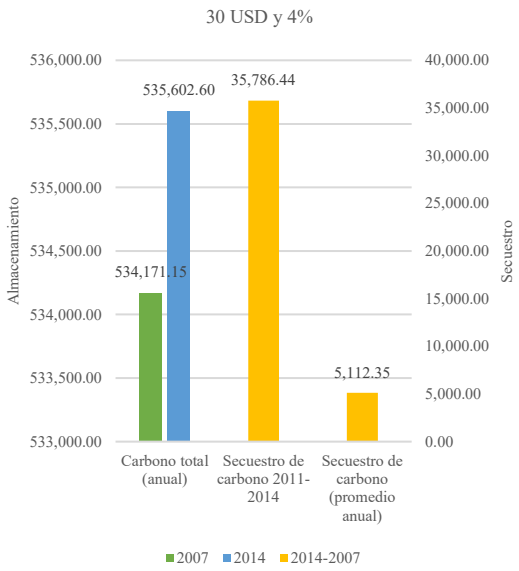
Concepto	25 dólares		30 dólares	
	2%	4%	2%	4%
Valor anual del almacenamiento (% del PIB)	1.3293	2.6586	1.5952	3.1903
Valor anual del secuestro (% del PIB)	0.0254	0.0254	0.0305	0.0305
Valor anual de almacenamiento y secuestro (% del PIB)	**1.3547**	**2.6840**	**1.6257**	**3.2208**

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8. Almacenamiento y secuestro de carbono orgánico en suelos: 2007-2014.







5. VALORACIÓN MONETARIA DEL ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO EN BIOMASA Y CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS (COS): ESTIMACIONES PRELIMINARES.

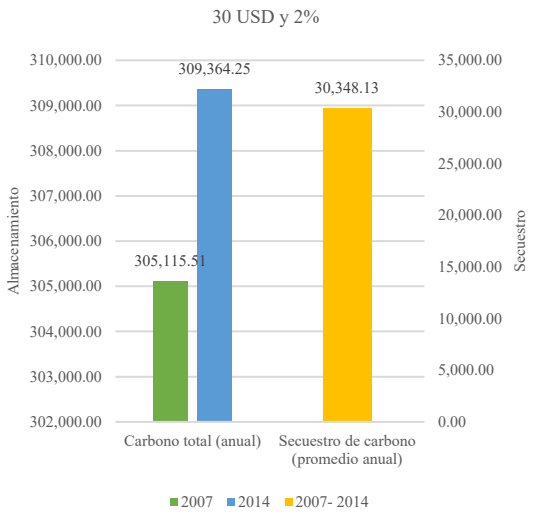
El valor monetario agregado, en el escenario de US$25/tCO2e y 2% de tasa de interés anual, de la suma del servicio anual de almacenamiento de carbono en biomasa y suelos**,** en 2014, es de 1.52% del PIB de 2014, el valor monetario del agregado del servicio de secuestro de carbono en biomasa y suelos es de 0.15% del PIB de 2014 y el valor monetario conjunto del almacenamiento y secuestro de carbono es de 1.67% del PIB de 2014 (Cuadro 13). Ello muestra que el valor monetario del secuestro de carbono es inferior al valor monetario del servicio anual del almacenamiento de carbono (Gráfico 9). Esto indica que el valor monetario del almacenamiento y secuestro de carbono es relevante en la economía mexicana y representa un elemento importante en la estrategia para el cumplimiento de la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) de México del Acuerdo de París de cambio climático.

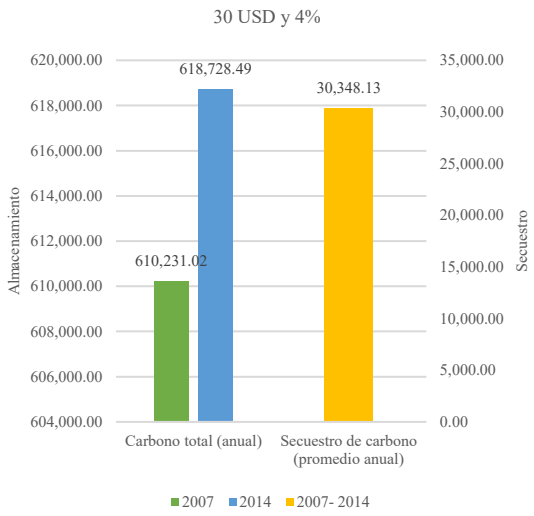
Cuadro 13: Valor monetario del almacenamiento y secuestro de carbono en biomasa área viva y en Carbono Orgánico en Suelos

Biomasa área viva y Carbono Orgánico en Suelos Millones de pesos y porcentaje del PIB nacional de 2014						
	2007		2014		2007-2014	
	Valor	% del PIB	Valor	% del PIB	Valor	% del PIB
25 dólares TCO y tasa 2%						
Carbono total	12,713,146.16	75.93	12,890,176.93	76.99		
Carbono total (anual)	254,262.92	1.519	257,803.54	1.540		
Secuestro de carbono (promedio anual)					25,290.11	0.151

Almacenamiento más secuestro (anual)					**279,553.03**	**1.670**
25 dólares TCO y tasa 4%						
Carbono total	12,713,146.16	75.93	12,890,176.93	76.99		
Carbono total (anual)	508,525.85	3.04	515,607.08	3.08		
Secuestro de carbono (promedio anual)					25,290.11	0.151
Almacenamiento más secuestro (anual)					**533,815.96**	**3.188**
30 dólares TCO y tasa 2%						
Carbono total	15,255,775.39	91.11	15,468,212.32	92.38		
Carbono total (anual)	305,115.51	1.82	309,364.25	1.85		
Secuestro de carbono (promedio anual)					30,348.13	0.181
Almacenamiento más secuestro (anual)					**335,463.64**	**2.004**
30 dólares TCO y tasa 4%						
Carbono total	15,255,775.39	91.11	15,468,212.32	92.38		
Carbono total (anual)	610,231.02	3.64	618,728.49	3.70		
Secuestro de carbono (promedio anual)					30,348.13	0.181
Almacenamiento más secuestro (anual)					**640,579.15**	**3.826**

Gráfico 9: Valor monetario del almacenamiento y secuestro de carbono en biomasa área viva y en Carbono Orgánico en Suelos (millones de pesos de 2014)





Este conjunto de información permite estimar el valor monetario del servicio de almacenamiento y secuestro de carbono por hectárea. Así, se observa que, en un escenario de US$25/tCO2e y de tasa de interés de 2% anual, el valor promedio por hectárea del SE anual del almacenamiento de carbono por biomasa y suelos es de $227.68 y $1,145 pesos, respectivamente; el valor del secuestro de carbono es de $206.44 y $21.92 para biomasa y suelos, respectivamente, y el valor monetario del almacenamiento y secuestro de carbono (Cuadro 14, Cuadro 15.A en el Apéndice). Estas estimaciones son, desde luego, diferentes por tipo de bosque o vegetación o suelo.

Cuadro 14: Valor del SE de almacenamiento y secuestro de carbono por hectárea

Biomasa área viva y Carbono Orgánico en Suelos (pesos de 2014)		
	2007	2007- 2014
25 dólares TCO y tasa 2%		
Carbono total (anual) por ha de biomasa	227.68	251.27
Secuestro de carbono (promedio anual) por ha de biomasa		206.44
Carbono total (anual) por ha de COS	1,145.40	1,148.47
Secuestro de carbono (promedio anual) por ha de COS		21.92
25 dólares TCO y tasa 4%		
Carbono total (anual) por ha de biomasa	455.35	502.53
Secuestro de carbono (promedio anual) por ha de biomasa		206.44
Carbono total (anual) por ha de COS	2,290.80	2,296.94
Secuestro de carbono (promedio anual) por ha de COS		21.92
30 dólares TCO y tasa 2%		
Carbono total (anual) por ha de biomasa	273.21	301.52
Secuestro de carbono (promedio anual) por ha de biomasa		247.72
Carbono total (anual) por ha de COS	1,374.48	1,378.17
Secuestro de carbono (promedio anual) por ha de COS		26.31
30 dólares TCO y tasa 4%		

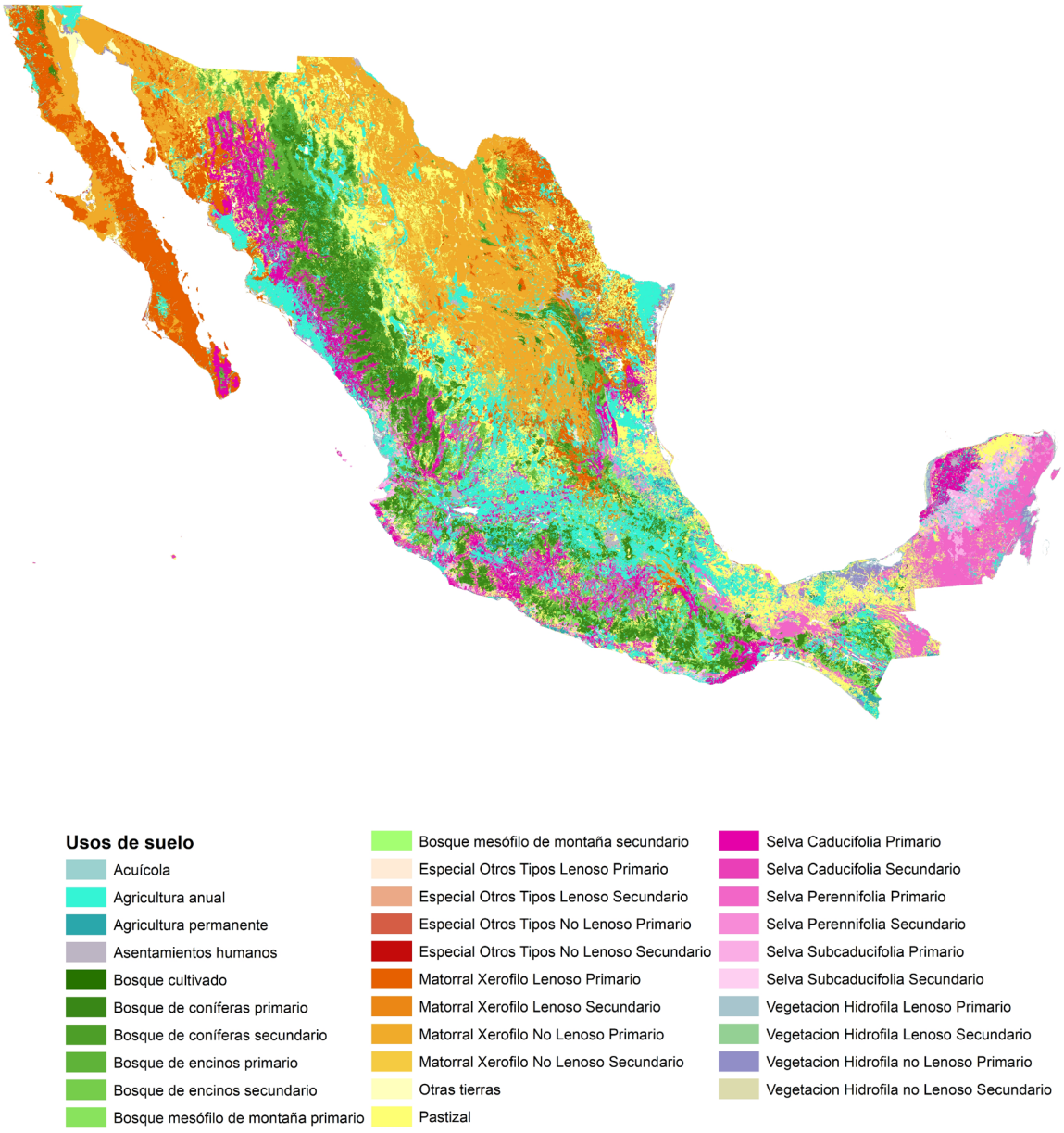
Carbono total (anual) por ha de biomasa	546.42	603.04
Secuestro de carbono (promedio anual) por ha de biomasa		247.72
Carbono total (anual) por ha de COS	2,748.97	2,756.33
Secuestro de carbono (promedio anual) por ha de COS		26.31

6. VALORACIÓN MONETARIA DEL ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO EN BIOMASA Y CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS: UNA VISIÓN GEOREFERENCIADA.

La estimación geo-referenciada[40] del valor monetario, considerando US$25-US$30/tCO2e y 2%-4% de tasa de interés, del servicio de carbono de almacenamiento y secuestro en biomasa viva y del carbono orgánico en suelos considerando tipo de vegetación y bosque para 2007 y 2014 se presentan en el Mapa 1, Mapa 2 y Mapa 3 y Cuadros 12.A y 13.A en el Apéndice). La valoración monetaria geo-referenciada muestra un alto valor del almacenamiento y secuestro de carbono, principalmente, en el sur y en el territorio del occidente de México tanto en biomasa como en suelos. Ello muestra la relevancia ambiental y económica que tiene los ecosistemas en esa región y la importancia de su preservación para el desarrollo regional.

[40] La clasificación de INEGI incluye 59 tipos diferentes de vegetación que se agrega, para motivos de comparación y manejo, en 14 tipos de vegetación que separa ente vegetación primaria o vegetación secundaria (degradada), cinco tipos de uso de del suelo y dos clases auxiliares (PNUD, 2019).

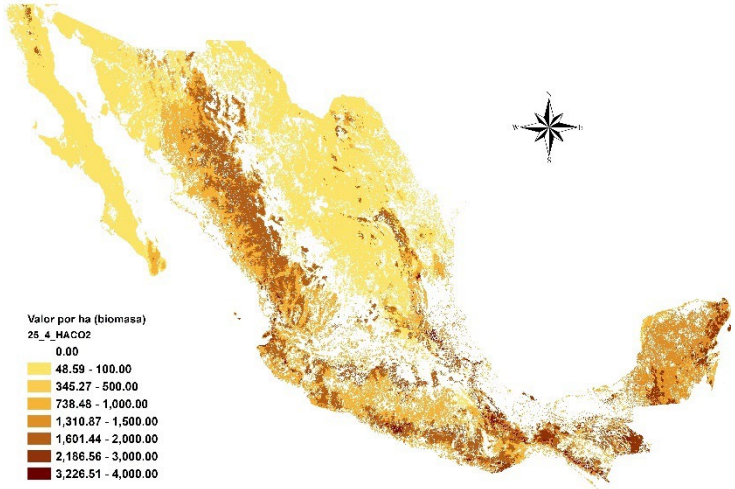
Mapa 1: Cobertura vegetal geo-referenciada en México: 2014



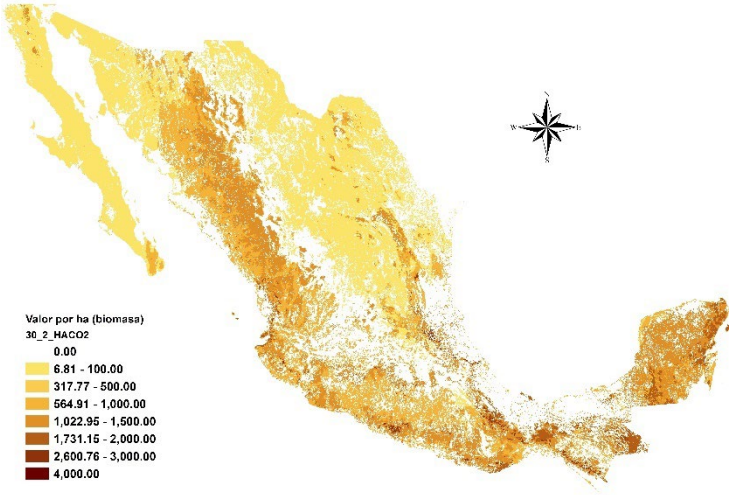
Fuente: INEGI (2016).

Mapa 2. Valor del servicio anual de almacenamiento y secuestro de carbono en biomasa en 2014 (pesos de 2014 por ha)

Mapa 2.1. 25 dólares y tasa de descuento de 2%



Mapa 2.2. 25 dólares y tasa de descuento de 4%

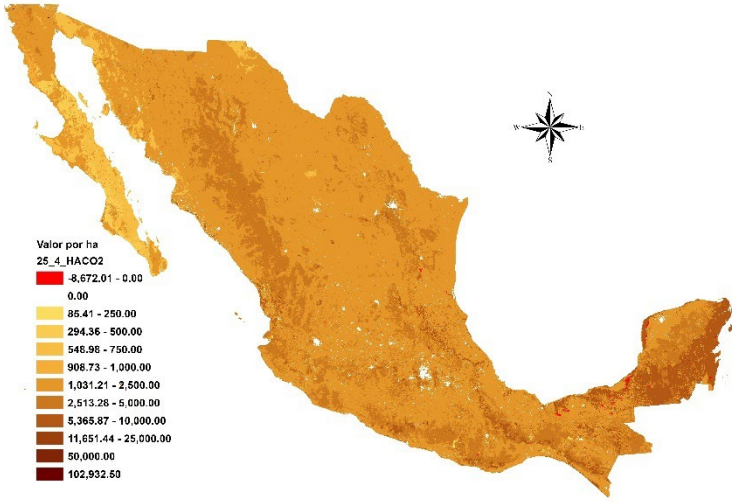


Mapa 2.3. 30 dólares y tasa de descuento de 2%

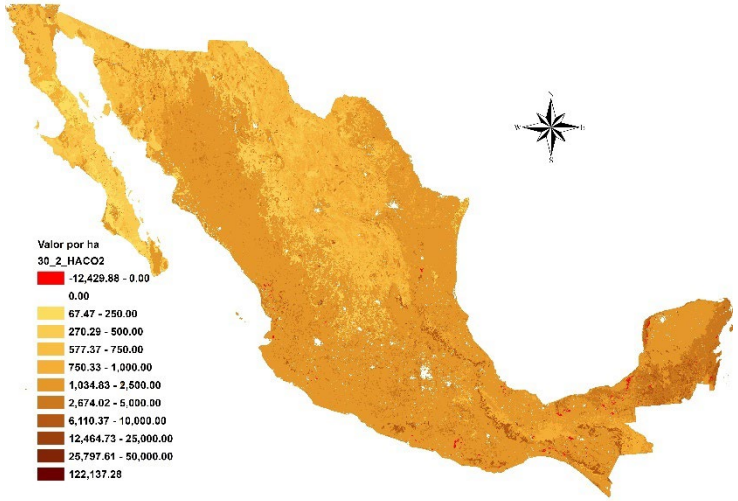
Mapa 2.4. 30 dólares y tasa de descuento de 4%

Mapa 3. Valor del servicio anual de almacenamiento y secuestro de carbono en suelos en 2014 (pesos de 2014 por ha)

Mapa 3.1. 25 dólares y tasa de descuento de 2%



Mapa 3.2. 25 dólares y tasa de descuento de 4%



Mapa 3.3. 30 dólares y tasa de descuento de 2%

Mapa 3.4. 30 dólares y tasa de descuento de 4%

7. VALORACIÓN MONETARIA DE LA BIOMASA AÉREA Y DEL CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS: UNA AGREGACIÓN.

Las estimaciones del almacenamiento y secuestro de carbono en biomasa aérea y del carbono orgánico en suelos clasificados de acuerdo al tipo de vegetación se sintetizan en el Cuadro 15 y el Cuadro 16. Estos resultados son consistentes en el agregado con las estimaciones anteriores, pero persisten algunas discrepancias en la homologación por rubros específicos[41].

[41] Con el propósito de homologar la clasificación de las distintas coberturas forestales contenidas en el INFyS y en Paz-Pellat et al. (2016) con la clasificación de CONAFOR se realizó el siguiente procedimiento. Para el caso de biomasa, la clasificación de las distintas coberturas forestales en el INFyS presenta información para vegetación primaria y secundaria, sin embargo, el nivel de agregación no permite asociar dicha clasificación con las categorías de CONAFOR. En este sentido, el Cuadro 1 presenta las categorías de CONAFOR contenidas en cada uno de los rubros que se publican en el INFyS, esto es, las categorías en el INFyS contienen más de una categoría de la clasificación de CONAFOR. En el caso de suelos, Paz-Pellat et al. (2016) presenta un nivel de desagregación compatible con la clasificación de CONAFOR, por lo tanto, el Cuadro 2 muestra los resultados del análisis de COS utilizando las categorías de CONAFOR. Sin embargo, Paz-Pellat et al. (2016) no reportan una desagregación de existencias de COS para suelos con vegetación primaria y secundaria, lo que limita la posibilidad de presentar la valoración económica utilizando la clasificación de CONAFOR para estos dos tipos de formaciones forestales.

Cuadro 15. Almacenamiento y secuestro de carbono en biomasa aérea y carbono orgánico en suelos.

	Formación forestal	2004-2009 (2007)		2009-2014 (2014)		Valor anual de almacenamiento				Valor anual del secuestro	
		Superficie	Carbono	Superficie	Carbono	Millones de pesos					
		ha	(miles de ton)	ha	(miles de ton)	25 USD y 2%	25 USD y 4%	30 USD y 2%	30 USD y 2%	25 USD	30 USD
Vegetación primaria	Bosque de coníferas	5,411,454.8	167,105.7	5,210,733.8	170,807.9	4,074.6	8,149.2	4,889.5	9,779.0	644.8	773.7
	Bosque de coníferas y encinos	8,281,951.4	204,729.8	8,136,657.8	211,878.6	4,992.0	9,984.0	5,990.4	11,980.8	1,245.1	1,494.1
	Bosque de encinos y vegetación hidrófila leñoso	6,640,553.0	107,776.2	6,493,142.9	111,487.3	2,627.9	5,255.9	3,153.5	6,307.1	646.3	775.6
	Bosque mesófilo de montaña	847,542.8	36,817.3	823,141.2	42,054.3	897.7	1,795.5	1,077.3	2,154.5	912.1	1,094.5
	Selva perennifolia, caducifolia y subcaducifolia	3,504,617.4	106,925.9	3,236,411.5	119,909.0	2,607.2	5,214.4	3,128.7	6,257.3	2,261.2	2,713.5
	Selva perennifolia, caducifolia, subcaducifolia	7,003,466.5	76,898.1	6,931,309.4	84,977.9	1,875.0	3,750.1	2,250.0	4,500.1	1,407.2	1,688.7
	Bosque cultivado, especial otros tipos leñoso, pastizal y vegetación hidrófila leñoso	520,299.7	0.0	533,828.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Vegetación hidrófila leñoso	854,641.4	12,366.7	842,975.5	13,647.8	301.5	603.1	361.8	723.7	223.1	267.8
	Subtotal forestal	**33,064,527.0**	**712,619.6**	**32,208,200.3**	**754,762.6**	**17,376.0**	**34,752.1**	**20,851.2**	**41,702.5**	**7,339.9**	**8,807.9**
	Especial otros tipos leñoso, matorral xerófilo leñoso, selva caducifolia y vegetación hidrófila leñoso	18,328,244.5	32,257.7	18,083,477.1	28,391.1	786.6	1,573.1	943.9	1,887.7	-673.4	-808.1
	Matorral xerófilo leñoso y matorral xerófilo no leñoso	33,247,283.4	0.0	32,733,431.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Vegetación hidrófila no leñoso, pastizal, especial otros tipos no leñoso, matorral xerófilo no leñoso y vegetación secundaria herbácea	11,825,544.3	21,286.0	11,488,048.4	18,955.3	519.0	1,038.0	622.8	1,245.7	-405.9	-487.1
	Total forestal primaria	**96,465,599.2**	**766,163.3**	**94,513,157.2**	**802,109.0**	**18,681.6**	**37,363.2**	**22,417.9**	**44,835.9**	**6,260.5**	**7,512.7**
Vegeta	Bosque de coníferas	2,708,766.2	60,215.9	2,892,357.0	68,924.9	1,468.3	2,936.5	1,761.9	3,523.8	1,516.8	1,820.2
	Bosque de coníferas y encinos	4,623,076.4	96,113.8	4,813,112.8	112,338.1	2,343.6	4,687.1	2,812.3	5,624.6	2,825.7	3,390.9

Bosque de encinos y vegetación hidrófila leñoso	4,594,951.7	57,069.3	4,867,356.6	66,488.1	1,391.5	2,783.1	1,669.8	3,339.7	1,640.4	1,968.5
Bosque mesófilo de montaña	982,467.0	20,690.8	963,924.2	23,114.9	504.5	1,009.0	605.4	1,210.8	422.2	506.6
Selva perennifolia, caducifolia y subcaducifolia	10,927,403.4	205,872.3	10,325,893.1	229,234.8	5,019.9	10,039.7	6,023.8	12,047.6	4,069.0	4,882.8
Selva perennifolia, caducifolia, subcaducifolia	9,227,757.4	76,682.7	9,532,890.6	96,758.8	1,869.8	3,739.6	2,243.7	4,487.5	3,496.6	4,195.9
Bosque cultivado, especial otros tipos leñoso, pastizal y vegetación hidrófila leñoso	6,631.5	0.0	6,331.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vegetación hidrófila leñoso	91,094.0	0.0	96,660.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Subtotal forestal	**33,162,147.6**	**516,644.6**	**33,498,526.3**	**596,859.6**	**12,597.5**	**25,195.0**	**15,117.0**	**30,234.0**	**13,970.8**	**16,764.9**
Especial otros tipos leñoso, matorral xerófilo leñoso, selva caducifolia y vegetación hidrófila leñoso	2,438,356.5	3,047.9	2,246,993.3	3,033.4	74.3	148.6	89.2	178.4	-2.5	-3.0
Matorral xerófilo leñoso y matorral xerófilo no leñoso	2,863,216.6	0.0	3,241,108.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vegetación hidrófila no leñoso, pastizal, especial otros tipos no leñoso, matorral xerófilo no leñoso y vegetación secundaria herbácea	4,267,234.3	13,868.5	4,345,352.8	18,467.7	338.2	676.3	405.8	811.6	801.0	961.2
Total forestal secundaria	**42,730,955.0**	**533,561.1**	**43,331,980.5**	**618,360.8**	**13,010.0**	**26,020.0**	**15,612.0**	**31,224.0**	**14,769.3**	**17,723.1**
Total	**139,196,554.2**	**1,299,724.4**	**137,845,137.7**	**1,420,469.7**	**31,691.6**	**63,383.2**	**38,029.9**	**76,059.9**	**21,029.8**	**25,235.8**
Total (% del PIB)					**0.189**	**0.379**	**0.227**	**0.454**	**0.126**	**0.151**

Fuente: Estimaciones propias.

Cuadro 16. Almacenamiento y secuestro de carbono en biomasa aérea y carbono orgánico en suelos.

Tipo de vegetación	2007		2014		Valor anual de almacenamiento				Valor anual del secuestro	
	Superficie ha	COS (miles de ton)	Superficie ha	COS (miles de ton)	25 USD y 2%	25 USD y 4%	30 USD y 2%	30 USD y 2%	25 USD	30 USD
Asentamientos humanos	1,266,176	44,115	1,266,176	47,881	1075.67	2151.34	1290.80	2581.61	655.91	787.09
Bosque cultivado	33,014	882	33,014	1,470	21.51	43.01	25.81	51.61	102.41	122.89
Bosque de coníferas	16,441,367	1,134,272	16,441,367	1,145,340	27657.33	55314.66	33188.80	66377.60	1927.68	2313.21
Bosque de coníferas	911	63	911	0	1.54	3.07	1.84	3.69	-10.97	-13.17
Bosque de encinos	15,315,460	771,218	15,315,460	765,379	18804.87	37609.73	22565.84	45131.68	-1016.96	-1220.35
Bosque mesófilo de montaña	1,702,639	210,498	1,702,639	230,807	5132.64	10265.29	6159.17	12318.34	3537.15	4244.58
Cuerpos de agua	1,358,573	50,632	1,358,573	53,460	1234.58	2469.15	1481.49	2962.98	492.54	591.05
Especial Otros Tipos Leñoso	443,195	18,172	443,195	16,728	443.09	886.19	531.71	1063.43	-251.50	-301.80
Especial Otros Tipos No Leñoso	157,505	1,992	157,505	1,939	48.57	97.14	58.29	116.57	-9.23	-11.08
Información agrícola- pecuaria- forestal	45,934,808	2,114,466	45,934,808	2,114,534	51557.73	103115.46	61869.28	123738.55	11.84	14.21
Matorral Xerófilo Leñoso	20,772,908	584,276	20,772,908	577,270	14246.60	28493.19	17095.92	34191.83	-1220.21	-1464.25
Matorral Xerófilo No Leñoso	36,812,820	1,046,233	36,812,820	1,023,002	25510.65	51021.30	30612.78	61225.56	-4046.07	-4855.28
Otras tierras	1,039,983	18,582	1,039,983	25,912	453.09	906.18	543.71	1087.42	1276.64	1531.97
Pastizal	18,929,539	703,681	18,929,539	712,763	17158.09	34316.18	20589.71	41179.41	1581.78	1898.14
Selva Caducifolia	16,548,458	787,627	16,548,458	776,374	19204.97	38409.94	23045.97	46091.93	-1959.90	-2351.88
Selva Perennifolia	10,558,034	1,062,833	10,558,034	1,061,354	25915.41	51830.82	31098.49	62196.99	-257.59	-309.11
Selva Subcaducifolia	4,236,321	343,990	4,236,321	341,521	8387.62	16775.25	10065.15	20130.29	-430.02	-516.02
Vegetación Hidrófila Leñoso	1,092,795	88,170	1,092,795	97,936	2149.88	4299.76	2579.85	5159.71	1700.91	2041.09
Vegetación Hidrófila no Leñoso	1,484,244	136,541	1,484,244	139,171	3329.32	6658.65	3995.19	7990.38	458.06	549.67
Vegetación secundaria herbácea	188,368	9,766	188,368	19,633	238.13	476.26	285.75	571.51	1718.50	2062.20
Total	**194,317,118**	**9,128,009**	**194,317,118**	**9,152,474**	**222,571.29**	**445,142.57**	**267,085.54**	**534,171.09**	**4,260.99**	**5,113.19**
Total (% del PIB)					**1.329**	**2.659**	**1.595**	**3.190**	**0.025**	**0.031**

Fuente: Estimaciones propias.

8. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES.

El cambio climático, originado por las emisiones de gases de efecto invernadero, tiene efectos negativos sobre las actividades económicas, las condiciones sociales y el medio ambiente. En este sentido, el cambio climático representa, desde una óptica económica, una externalidad negativa global que pone en riesgo a un bien público global como el clima. De este modo, el almacenamiento de carbono y el secuestro de carbono representan un servicio de regulación (intermedio o final) del ecosistema que reduce los impactos negativos del cambio climático.

La estimación del valor monetario del servicio de almacenamiento y secuestro de carbono en biomasa área viva y del carbono orgánico en suelos se basan en diversos supuestos del precio de la tonelada carbono de US$25/tCO2e y US$30/tCO2e y de tasas de interés de 2% y 4% anual. Así, las estimaciones realizadas para México, en un escenario de $25 USD la tonelada de CO2e y 2% de tasa de interés, indican:

Un valor monetario del servicio anual de almacenamiento en biomasa, en 2014, de 0.19% del PIB de 2014 y un valor monetario del servicio anual del almacenamiento de carbono orgánico en suelos de 1.33 % del PIB de 2014.

Un valor monetario anual del secuestro de carbono, en 2007-2014, en biomasa del 0.13% del PIB de 2014 y del secuestro de carbono orgánico en suelos de 0.025% del PIB de 2014.

Un valor monetario conjunto del servicio anual de almacenamiento y secuestro de carbono, entre 2007-2014, en biomasa de 0.31% del PIB de 2014 y en carbono orgánico en Suelos de 1.35% del PIB de 2014.

De este modo, el valor monetario anual del servicio de almacenamiento de carbono en biomasa y suelos en 2014, en un escenario de $25 USD la tonelada de CO2e y 2% de tasa de interés, representa el 1.52% del PIB de 2014, el valor del servicio anual de secuestro de carbono en biomasa y suelos, entre 2007-2014, representa el 0.151% del PIB en el 2014 y el valor monetario conjunto del servicio anual del almacenamiento y secuestro de carbono, entre 2007-2014, es de 1.67% del PIB de 2014.

Desde luego, la modificación de los supuestos del Costo Social del Carbono y de una tasa de interés, por ejemplo, con un precio por tonelada de carbono de $30USD/tCO2e y una tasa de descuento del 4%, entonces el valor agregado anual del servicio de almacenamiento y secuestro de carbono llega incluso a representar el 3.83% del PIB de 2014.

Estos resultados son consistentes con la agregación por tipo de suelo.

9. APÉNDICES

APÉNDICE 1:

INFORMACIÓN DEL ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO EN MÉXICO: BIOMASA Y CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS.

Los depósitos de carbono[42] incluyen el carbono capturado en la biosfera en biomasa y en suelos y en materia orgánica muerta (Figura 1.A). El análisis en este estudio se concentra en el almacenamiento y secuestro de carbono en la biomasa área viva y en el Carbono Orgánico en Suelos (COS).

Figura 1.A: Clasificación de los depósitos de carbono.

Concepto	Clase
1. Biomasa viva	1.1. Biomasa área
	1.2. Biomasa subterránea
2. Materia orgánica muerta	2.1. Madera muerta
	2.2. Mantillo
3. Suelos	3. Suelos (Materia Orgánica del Suelo)

Fuente: INECC (2018), pp. 654.

La base de datos utilizada para el carbón en biomasa proviene del Inventario Nacional Forestal[43] que estima, con datos de terreno para los ciclos de muestreo 2004-2009 y 2009-2014, el promedio del carbón almacenado en cada tipo de ecosistema (toneladas de carbono/ha/año) y por tanto permite disponer de la densidad de carbono por hectárea (CO_2 ton/ha) almacenado en la biomasa viva, vegetación primaria y secundaria[44], para los ciclos 2004-2007 y 2009-2014. La información de los factores de emisión y absorción de biomasa aérea del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) de CONAFOR está homologada a las Series de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación (Series II, III, IV, V y VI y donde las series IV y V corresponde al 2007 y 2014), escala 1: 250,000, elaboradas por INEGI (2018) (ver CONAFOR, 2018 pp. 79). Así, se utilizan datos de biomasa y factores de emisión/absorción específicos del país[45] para el método de nivel 2 del IPCC (2006) y el

[42] Aproximadamente se estima que los suelos retienen alrededor de 1,500 Pg C a un metro de profundidad en referencia de 800 Pg C en la atmósfera y de 500 Pg C en la atmósfera (FAO, 2017, Jones, *et al*., 2012, pp. 61).
[43] Una comparación de algunas de las estimaciones del almacenamiento de carbono se presenta en el Cuadro 1.A en el Apéndice.
[44] Los factores de densidad del carbono para desagregar entre vegetación primaria y secundaria están en INEC (2018) pp. 671-678 y CONAFOR (2018).
[45] "Para transformar el valor de la biomasa a carbono y conocer el potencial de los ecosistemas como sumideros de carbono, se utiliza una fracción de carbono obtenida de una base de datos con 47 valores, además de un valor

método del cambio en las existencias de carbono para estimar las emisiones y absorciones de CO2e por tipos de bosques y vegetación y donde los cambios en las existencias de carbono corresponden a la absorción o emisión netas de CO2e de la atmósfera (IPCC, 2006, pp. 646). La diferencia entre los acervos de carbón almacenado 2004-2009 y 2009-2014 corresponde al secuestro de carbono entre estos dos ciclos. Estas series son utilizadas por CONAFOR (2018) para reportar el almacenamiento y el secuestro de carbono en bosques y vegetación y por INEC (2018) en los Inventarios Nacionales de Emisiones.

La base para la comparación corresponde a las existencias totales estimadas con los datos del ciclo de muestreo del INFyS 2004-2009 referidas a la superficie de 2007, reportada en la Serie IV de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI y las existencias totales realizadas con los datos del INFyS para el periodo 2009-2014 con referencia a la superficie de 2014 correspondiente a la Serie VI de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI y donde se distingue vegetación primaria y secundaria para obtener las existencias totales.

La base de datos del carbono orgánico en Suelos tiene una elevada incertidumbre. Esto es, existen disponibles diversas estimaciones del Carbono Orgánico en Suelos (COS) en México que, sin embargo, presenta diversos desafíos. Por ejemplo, la Cuarta Comunicación Nacional (2009, pp. 83) estima, el COS para suelos minerales en 17 598 Gg CO2e en 1993 y en 23 868 Gg CO2e en 2007 (de Jong *et al*., 2009a). Sin embargo, la Tercera Comunicación Nacional (2006) solo incluye estimaciones de COS como referencia y con valores muy diferentes a la Cuarta Comunicación Nacional y la Quinta Comunicación Nacional no reportan estimaciones para el COS (Ordoñez, *et al*., 2012, Paz Pellat *et al*., 2016, De Jong *et al*., 2009). Así, para disponer de una serie homogénea y relativamente consistente se utilizaron las estimaciones recientes de Carbono Orgánico en Suelos (COS) del Informe México de FAO FRA (CONAFOR, 2010) donde se utilizan los mapas de Uso de Suelo y Vegetación de las Series Serie II (año base 1993), Serie III (año base 2002) y Serie IV (año base 2004) del INEGI y cada polígono clasifica de acuerdo con el tipo de ecosistema y clase de Uso de Suelo y Vegetación, considerando vegetación primaria y secundaria a las que se les asignaron las densidades de carbono promedio respectivas. Estas series se complementaron para la Serie V (año base 2007) del INEGI (año base 2011) y Serie VI (año base 2014) del PMC (2015), elaboradas con la misma metodología por Paz Pellat *et al*., (2016) con una base de datos homogénea del Carbono Orgánico en Suelos (COS) que se obtuvo del análisis de 21 806 perfiles de suelo para una profundidad de 0 a 30 cm basado en el Informe México de FAO FRA (CONAFOR, 2010) para la Serie V del INEGI (año base 2011) y Serie VI (año base 2014) del PMC (2015) y utilizando metodologías similares a las del INEGI para las Series II, III, IV y V. De este modo, la información del Carbono Orgánico en Suelos (COS) proviene de aplicar la densidad de carbono promedio para cada tipo de vegetación y bosque con base

promedio (0.48) utilizado para aquellos registros sin fracción de carbono específico e indeterminados, esto se realiza para los 1,459,793 registros utilizados en la estimación de biomasa." (CONAFOR, 2018, pp. 80).

en la información de Uso de Usos y Vegetación del INEGI (2016). Esta información permite estimar el almacenamiento y el secuestro de carbono en suelos a nivel nacional y en forma geo-referenciada.

APÉNDICE 2

Cuadro 1.A. Carbono almacenado promedio por formación forestal.

Ecosistema	Formación forestal	Superficie	UMP	Ton C/ha	LI	LS	Ds	Er
Bosque	Coníferas	8,103,091	2,659	30	29.01	30.98	0.5	3.28
	Coníferas y latifoliadas	12,949,771	4,188	25.12	24.46	25.78	0.34	2.63
	Latifoliadas	11,360,500	3,396	15.7	15.18	16.23	0.27	3.35
	Bosque mesófilo	1,787,065	504	35.24	32.03	38.45	1.64	9.1
Selvas	Selvas altas y medianas	13,562,305	3,830	25.25	24.6	25.9	0.33	2.58
	Selvas bajas	16,464,200	1,513	11.04	10.52	11.56	0.27	4.72
Otras asociaciones		540,160	68	16.34	10.71	21.98	2.87	34.45
Manglar		939,636	218	15.79	12.71	18.87	1.57	19.52
Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	20,330,470	1,857	1.55	1.41	1.69	0.07	8.91
	Zonas áridas	35,974,540	888	0.32	0.23	0.41	0.05	28.64
Otras áreas forestales		15,833,401	549	2.48	1.98	2.97	0.25	19.94
Áreas no forestales		54,513,695	2,739	6.54	6.11	6.98	0.22	6.68
Total		**192,358,832**	**22,409**					

DS= Desviación estándar. Er=Error relativo. UMP representa las Unidades de Muestreo Primarias (UMP) que corresponden a una parcela de una hectárea. Fuente: CONAFOR (2018), pp. 80. Período 2009-2014. LI: límite inferior; LS: límite superior; DS: desviación estándar; y, Er: error relativo.

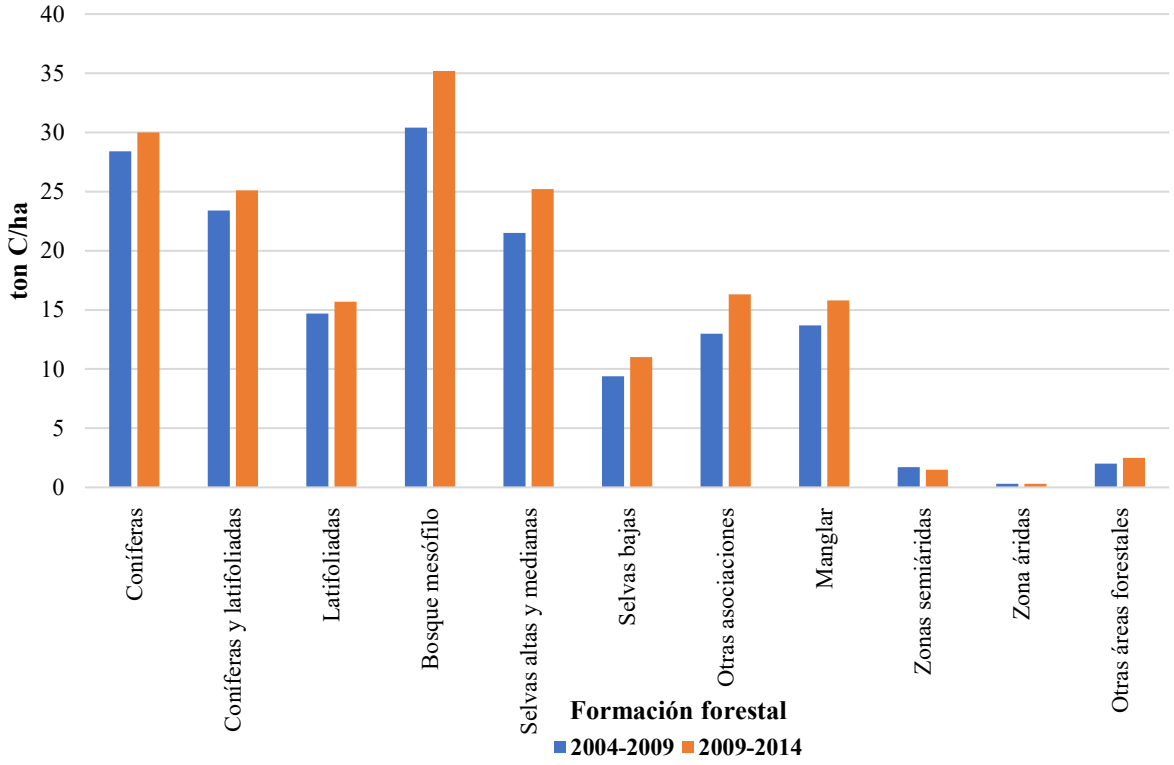
Cuadro 2.A. Biomasa y carbono almacenado promedio para los dos ciclos de muestreo 2004-2009 y 2009-2014.

Ecosistema	Formación forestal	2004-2009						2009-2014					
		Biomasa		Carbono almacenado		Volumen		Biomasa		Carbono almacenado		Volumen	
		Ton/ha	Er	Ton C/ha	Er	m3 /ha	Er	Ton/ ha	Er	Ton C/ha	Er	m3 /ha	Er
Bosques	**Coníferas**	60.0	3.15	28.4	3.2	85.6	4.0	63.4	3.2	30	3.3	87	4
	Coníferas y latifoliadas	50.0	2.57	23.4	2.6	57.4	3.3	53.7	2.6	25.1	2.6	62	3.2
	Latifoliadas	32.0	3.36	14.7	3.4	28.8	4.1	34.3	3.3	15.7	3.3	31.4	3.9
	Bosque mesófilo	64.8	9.82	30.4	10	89.6	10.6	75.4	8.9	35.2	9.1	98.8	9
Selvas	**Selvas altas y medianas**	48.3	2.80	21.5	2.8	75.3	4.3	56.7	2.6	25.2	2.6	82.5	2.3
	Selvas bajas	21.3	5.09	9.4	5.1	27.3	5.3	25	4.7	11	4.7	32.5	4.9
Otras asociaciones		28.6	36.79	13.0	37.4	32.1	40.3	36.2	33.7	16.3	34.4	41.5	39.5
Manglar		31.4	21.83	13.7	22.0	26.5	22.4	36.2	19.4	15.8	19.5	32.8	19.3

Matorral xerófilo	**Zonas semiáridas**	3.9	9.41	1.7	9.1	2.6	11.1	3.5	9	1.5	8.9	1.2	15.4
	Zonas áridas	0.7	23.41	0.3	22.2	0.6	24.1	0.7	28.8	0.3	28.6	0.3	47.1
Otras áreas forestales		4.5	26.59	2.0	26.5	3.6	27.7	5.4	20	2.5	19.9	5.1	23.2

Fuente: CONAFOR (2018) (pp. 80 y otras).

Gráfico 1.A. Cambios en el carbono almacenado promedio por hectárea por ciclo de muestreo.



Cuadro 3.A. Existencias totales de vegetación primaria y secundaria y carbono por formación forestal

Ecosistema		Formación forestal	Superficie	UMP	Biomasa aérea					Carbono almacenado					Volumen				
					Ton/ha	Toneladas	LI	LS	Er	Ton C/ha	Toneladas	LI	LS	Er	m 3/ha	m RTA	LI	LS	Er
Vegetación primaria	Bosques	Coníferas	5,210,733.80	1,830	69.21	360,634,886.30	346,930,656.40	374,339,116.19	3.80	32.78	170,807,853.96	164,242,329.38	177,373,378.55	3.84	97.22	506,587,540.04	482,826,593.91	530,296,378.83	4.68
		Coníferas y latifoliadas	8,136,657.80	2,756	55.67	452,967,739.73	438,809,955.15	467,125,524.30	3.13	26.04	211,878,569.11	25,711,838.65	205,206,509.72	3.16	64.72	526,604,492.82	506,181,481.74	547,027,503.89	3.88
		Latifoliadas	6,493,142.90	1,974	37.48	243,362,995.89	233,298,624.40	253,427,367.39	4.14	17.17	111,487,263.59	27,141,337.32	106,812,200.71	4.18	34.49	223,948,498.62	212,715,361.40	235,181,635.84	5.02
		Bosque mesófilo	823,141.20	217	109.14	89,837,630.57	80,099,870.17	99,567,159.55	10.84	51.09	42,054,283.91	37,354,147.66	46,746,188.75	11.16	143.54	118,153,687.85	105,065,742.77	131,241,632.93	11.07
	Selvas	Selvas altas y medianas	3,236,411.50	802	82.96	268,492,698.04	256,356,154.92	280,629,241.17	4.52	37.05	119,909,046.08	114,439,510.64	125,346,217.40	4.55	113.68	367,915,259.32	353,221,951.11	382,608,567.53	3.99
		Selvas bajas	6,931,309.40	640	27.82	192,829,027.51	179,798,165.84	205,790,576.09	6.75	12.26	84,977,853.24	79,224,866.44	90,800,153.14	6.78	36.66	254,101,802.60	236,011,085.07	272,261,833.23	7.12
	Otras asociaciones		533,828.20	66															
	Manglar		842,975.50	201	31.17	31,333,399.34	25,011,083.09	37,664,145.34	20.19	16.19	13,647,773.35	10,882,813.71	16,421,162.74	20.31	34.05	28,703,315.78	22,987,941.89	34,410,259.91	19.90
	Subtotal arbolado		**32,208,200.30**	**8,486**		**1,639,458,377.37**	**1,560,304,509.96**	**1,718,543,130.02**			**754,762,643.24**	**458,996,843.79**	**768,705,811.00**			**2,026,014,597.02**	**1,919,010,157.88**	**2,133,027,812.16**	
	Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	18,083,477.10	1,651	3.61	65,281,352.33	59,132,970.12	71,429,734.55	9.41	1.57	28,391,059.05	25,859,372.25	31,103,580.61	9.38	1.13	20,434,329.12	16,998,468.47	23,870,189.77	16.98
		Zonas áridas	32,733,431.40	795															
	Otras áreas forestales		11,488,048.40	374	3.65	41,931,376.66	30,673,089.23	53,074,783.61	26.80	1.65	18,955,279.86	13,900,538.56	24,010,021.16	26.57	3.23	37,106,396.33	25,388,586.96	48,824,205.70	31.58
	Total vegetación primaria		**94,513,157.20**	**11,306**		**1,746,671,106.36**	**1,650,110,569.31**	**1,843,047,648.17**			**802,108,982.15**	**498,756,754.61**	**823,819,412.76**			**2,083,555,322.48**	**1,961,397,213.32**	**2,205,722,207.63**	
Vegetación secundaria	Bosques	Coníferas	2,892,357	829	50.64	146,468,958.48	137,878,658.19	155,030,335.20	5.85	23.83	68,924,867.31	64,846,643.94	73,003,090.68	5.92	64.54	186,672,720.78	174,177,738.54	199,196,626.59	6.7
		Coníferas y latifoliadas	4,813,112.80	1,432	49.99	240,607,508.87	229,489,218.30	251,677,668.31	4.62	23.34	112,338,052.75	22,525,367.90	107,091,759.80	4.68	56.71	272,951,626.89	258,127,239.46	287,776,014.31	5.43
		Latifoliadas	4,867,356.60	1,422	29.86	145,339,268.08	137,454,150.38	153,175,712.20	5.4	13.66	66,488,091.16	26,673,114.17	62,837,573.71	5.48	27.15	132,148,731.69	124,360,961.13	139,936,502.25	5.88
		Bosque mesófilo	963,924.20	287	51.43	49,574,621.61	43,251,278.85	55,888,325.12	12.74	23.98	23,114,902.32	20,126,737.30	26,093,428.09	12.91	66.93	64,515,446.71	56,505,236.60	72,535,296.05	12.42
	Selvas	Selvas altas y medianas	10,325,893.10	3,028	49.92	515,468,583.55	500,392,779.63	530,544,387.48	2.92	22.2	229,234,826.82	222,522,996.31	235,946,657.34	2.93	74.41	768,349,705.57	747,388,142.58	789,311,268.56	2.72
		Selvas bajas	9,532,890.60	873	22.93	218,589,181.46	204,385,174.46	232,697,859.55	6.48	10.15	96,758,839.59	90,467,131.79	103,050,547.39	6.5	29.4	280,266,983.64	261,201,202.44	299,237,435.93	6.79
	Otras asociaciones		6,331.80	2															
	Manglar		96,660.40	17															
	Subtotal arbolado		**33,498,526.30**	**7,890**		**1,316,048,122.04**	**1,252,851,259.82**	**1,379,014,287.85**			**596,859,579.94**	**447,161,991.41**	**608,023,057**			**1,704,905,215.28**	**1,621,760,520.76**	**1,787,993,143.70**	
	Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	2,246,993.30	206	3.07	6,898,269.43	4,875,975.46	8,920,563.40	29.41	1.35	3,033,440.96	2,157,113.57	3,909,768.34	28.6	1.33	2,988,501.09	1,977,354.10	3,999,648.07	33.62
		Zonas áridas	3,241,108.10	93															
	Otras áreas forestales		4,345,352.80	175	9.17	39,846,885.18	28,635,874.95	51,101,348.93	28.2	4.25	18,467,749.40	13,253,326.04	23,682,172.76	28.18	9.18	39,890,338.70	27,028,094.42	52,752,582.99	32.2
	Total vegetación secundaria		**43,331,980.50**	**8,364**		**1,362,793,276.65**	**1,286,363,110.24**	**1,439,036,200.18**			**618,360,770.30**	**462,572,431.02**	**635,614,998.10**			**1,747,784,055.07**	**1,650,765,969.28**	**1,844,745,374.77**	

Fuente: CONAFOR (2018) pp. 84. 2009-2014.

Cuadro 4.A. Existencias totales de carbono almacenado en vegetación primaria y secundaria: 2004-2009 y 2009-2014.

Ecosistema	Formación forestal		Superficie (ha)		2004-2009									2009-2014								
					Biomasa			Carbono almacenado			Volumen			Biomasa			Carbono almacenado			Volumen		
			2007	2014	Ton/ha	Toneladas	Er	Ton C/ha	Toneladas	Er	m3/ha	m3 RTA	Er	Ton/ha	Toneladas	Er	Ton C/ha	Toneladas	Er	m3/ha	m3 RTA	Er
Vegetación primaria	Bosque	Coníferas	5,411,454.80	5,210,733.80	65.24	353,043,311.15	3.59	30.88	167,105,724.22	3.62	94.90	513,547,060.52	4.52	69.21	360,634,886.30	3.80	32.78	170,807,853.96	3.84	97.22	506,587,540.04	4.68
		Coníferas y latifoliadas	8,281,951.40	8,136,657.80	52.74	436,790,116.84	3.02	24.72	204,729,838.61	3.06	60.84	503,873,923.18	3.93	55.67	452,967,739.73	3.13	26.04	211,878,569.11	3.16	64.72	526,604,492.82	3.88
		Latifoliadas	6,640,553.00	6,493,142.90	35.40	235,075,576.20	4.05	16.23	10,776,175.19	4.09	31.70	210,505,530.10	5.12	37.48	243,362,995.89	4.14	17.17	111,487,263.59	4.18	34.49	223,948,498.62	5.02
		Bosque mesófilo	847,542.80	823,141.20	92.22	78,160,397.02	12.34	43.44	36,817,259.23	12.59	131.74	111,655,288.47	13.56	109.14	89,837,630.57	10.84	51.09	42,054,283.91	11.16	143.54	118,153,687.85	11.07
	Selvas	Selvas altas y medianas	3,504,617.40	3,236,411.50	68.55	240,241,522.77	4.87	30.51	106,925,876.87	4.91	114.44	401,068,415.26	9.53	92.96	300,856,813.04	4.52	37.05	119,909,046.08	4.55	113.68	367,915,259.32	3.99
		Selvas bajas	7,003,466.50	6,931,309.40	25.06	175,506,870.49	6.94	10.98	76,898,062.17	7.00	32.28	226,071,898.62	6.93	27.82	192,829,027.51	6.75	12.26	84,977,853.24	6.78	36.66	254,101,802.60	7.12
	Otras asociaciones		520,299.70	533,828.20																		
	Manglar		854,641.40	842,975.50	33.16	28,339,908.82	22.45	14.47	12,366,661.06	22.67	27.80	23,759,030.92	23.25	37.17	31,333,399.34	20.19	16.19	13,647,773.35	20.31	34.05	28,703,315.78	19.90
	Subtotal forestal		33,064,527.00	32,208,200.30		1,547,157,703.29			712,619,597.36			1,990,481,147.06			1,671,822,492.37			754,762,643.24			2,026,014,597.02	
	Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	18,328,244.50	18,083,477.10	4.10	75,145,802.45	9.75	1.76	32,257,710.32	9.40	2.57	47,103,588.37	11.56	3.61	65,281,352.33	9.41	1.57	28,391,059.05	9.38	1.13	20,434,329.12	16.98
		Zonas áridas	33,247,283.40	32,733,431.40																		
	Otras áreas forestales		11,825,544.30	11,488,048.40	3.97	46,947,410.87	33.19	1.80	21,285,979.74	33.19	3.25	38,433,018.98	34.25	3.65	41,931,376.66	26.80	1.65	18,955,279.86	26.57	3.23	37,106,396.33	31.58
	Total forestal primaria		96,465,599.20	94,513,157.20		1,669,250,916.61			766,163,287.42			2,076,017,754.40			1,779,035,221.36			802,108,982.15			2,083,555,322.48	
Vegetación secundaria	Bosque	Coníferas	2,708,766.20	2,892,356.99	47.16	127,745,414.04	6.12	22.2	60,215,872.65	6.18	62.88	170,327,218.72	7.71	50.64	146,468,958.02	5.9	23.83	68,924,867.10	5.92	64.54	186,672,720.20	6.70
		Coníferas y latifoliadas	4,623,076.42	4,813,112.81	44.49	205,680,669.84	4.85	20.8	96,113,758.73	4.91	50.10	231,616,128.54	5.71	49.99	240,607,509.42	4.6	23.34	112,338,053.01	4.68	56.71	272,951,627.51	5.43
		Latifoliadas	4,594,951.66	4,867,356.58	27.10	124,523,189.96	5.82	12.4	57,069,299.60	5.90	24.50	112,576,315.65	6.76	29.86	145,339,267.57	5.4	13.66	66,488,090.92	5.48	27.15	132,148,731.23	5.88
		Bosque mesófilo	982,467.00	963,924.16	45.25	44,456,631.52	14.07	21.1	20,690,754.91	14.12	59.51	58,466,610.87	14.40	51.43	49,574,619.29	12.7	23.98	23,114,901.24	12.91	66.93	64,515,443.69	12.42
	Selvas	Selvas altas y medianas	10,927,403.39	10,325,893.05	42.40	463,321,903.74	3.27	18.8	205,872,279.87	3.29	63.82	697,386,884.35	3.98	49.92	515,468,581.06	2.9	22.20	229,234,825.71	2.93	74.14	768,349,701.85	2.72
		Selvas bajas	9,227,757.43	9,532,890.59	18.78	173,297,284.61	7.27	8.3	76,682,664.28	7.30	23.85	220,082,014.80	7.91	22.93	218,589,181.32	6.5	10.15	96,758,839.53	6.50	29.40	280,266,983.46	6.79
	Otras asociaciones		6,631.48	6,331.76																		
	Manglar		91,093.98	96,660.39																		
	Subtotal forestal		33,162,146.94	33,498,526.34		1,139,025,093.71			516,644,630.04			1,490,455,172.93			1,316,048,116.68			596,859,577.50			1,704,905,207.95	
	Matorral xerófilo	Zonas semiáridas	2,438,356.52	2,246,993.26	2.78	6,778,631.13	34.94	1.3	3,047,945.65	33.78	2.42	5,900,822.79	37.00	3.07	6,898,269.31	1.4	1.35	3,033,440.90	28.60	1.33	2,988,501.04	33.62
		Zonas áridas	2,863,216.59	3,241,108.14																		
	Otras áreas forestales		4,267,234.30	4,345,352.75	6.94	29,614,606.01	38.13	3.3	13,868,511.46	38.10	5.16	22,018,928.97	39.57	9.17	39,846,884.75	4.3	4.25	18,467,740.20	28.18	9.18	39,890,338.28	32.20
	Total forestal secundaria		42,730,954.37	43,331,980.49		1,175,418,330.85			533,561,087.16			1,518,374,924.68			1,362,793,270.75			618,360,767.61			1,747,784,047.27	

Fuente: CONAFOR (2018), pp. 154-155. Período 2007-2014. Er = Error relativo.

Cuadro 5.A. Valor monetario del servicio de almacenamiento y secuestro de carbono en biomasa.

Escenario $25 US dólares y tasas social de interés de 2%		
	2004-2009	2009-2014
Almacenamiento		
Carbono almacenado total (millones de toneladas)	1,299.72	1,420.47
Valor del carbono almacenado (millones de dólares)	119,141.40	130,209.73
Valor del carbono almacenado (millones de pesos)	1,584,580.63	1,731,789.37
Valor del carbono almacenado total (% del PIB)	9.464	10.343
Valor anual del carbono almacenado (millones de dólares)	2,382.83	2,604.195
Valor del carbono almacenado (millones de pesos)	31,691.61	34,635.79
Valor del carbono almacenado total (% del PIB)	0.189	0.207
Secuestro		
Secuestro de carbono total 2007-2014 (millones de toneladas)		120.75
Secuestro de carbono anual (millones de toneladas)		17.25
Valor del secuestro de carbono total (millones de dólares)		11,068.33
Valor anual del secuestro de carbono total (millones de dólares)		1,581.19
Valor del secuestro de carbono total (millones de pesos)		147,208.74
Valor anual del secuestro de carbono (millones de pesos)		21,029.82
Valor del secuestro de carbono total (% del PIB)		0.879
Valor anual del secuestro de carbono (% del PIB)		0.126
Escenario $25 US dólares y tasas social de interés de 4%		
	2004-2009	2009-2014
Almacenamiento		
Carbono almacenado total (millones de toneladas)	1,299.72	1,420.47
Valor del carbono almacenado (millones de dólares)	119,141.40	130,209.73
Valor del carbono almacenado (millones de pesos)	1,584,580.63	1,731,789.37
Valor del carbono almacenado total (% del PIB)	9.464	10.343
Valor anual del carbono almacenado (millones de dólares)	4,765.66	5,208.39
Valor del carbono almacenado (millones de pesos)	63,383.23	69,271.57
Valor del carbono almacenado total (% del PIB)	0.379	0.414
Secuestro		
Secuestro de carbono total 2007-2014 (millones de toneladas)		120.75
Secuestro de carbono anual (millones de toneladas)		17.25
Valor del secuestro de carbono total (millones de dólares)		11,068.33
Valor anual del secuestro de carbono total (millones de dólares)		1,581.19
Valor del secuestro de carbono total (millones de pesos)		147,208.74
Valor anual del secuestro de carbono (millones de pesos)		21,029.82
Valor del secuestro de carbono total (% del PIB)		0.879
Valor anual del secuestro de carbono (% del PIB)		0.126
Escenario $30 US dólares y tasas social de interés de 2%		
	2004-2009	2009-2014
Almacenamiento		

Carbono almacenado total (millones de toneladas)	1,299.72	1,420.47
Valor del carbono almacenado (millones de dólares)	142,969.68	156,251.67
Valor del carbono almacenado (millones de pesos)	1,901,496.76	2,078,147.24
Valor del carbono almacenado total (% del PIB)	11.357	12.412
Valor anual del carbono almacenado (millones de dólares)	2,859.39	3,125.03
Valor del carbono almacenado (millones de pesos)	38,029.94	41,562.94
Valor del carbono almacenado total (% del PIB)	0.227	0.248
Secuestro		
Secuestro de carbono total 2007-2014 (millones de toneladas)		120.75
Secuestro de carbono anual (millones de toneladas)		17.25
Valor del secuestro de carbono total (millones de dólares)		13,281.99
Valor anual del secuestro de carbono total (millones de dólares)		1,897.43
Valor del secuestro de carbono total (millones de pesos)		176,650.48
Valor anual del secuestro de carbono (millones de pesos)		25,235.78
Valor del secuestro de carbono total (% del PIB)		1.055
Valor anual del secuestro de carbono (% del PIB)		0.151
Escenario $30 US dólares y tasas social de interés de 4%		
	2004-2009	2009-2014
Almacenamiento		
Carbono almacenado total (millones de toneladas)	1,299.72	1,420.47
Valor del carbono almacenado (millones de dólares)	142,969.68	156,251.67
Valor del carbono almacenado (millones de pesos)	1,901,496.76	2,078,147.24
Valor del carbono almacenado total (% del PIB)	11.357	12.412
Valor anual del carbono almacenado (millones de dólares)	5,718.79	6,250.07
Valor del carbono almacenado (millones de pesos)	76,059.87	83,125.89
Valor del carbono almacenado total (% del PIB)	0.454	0.496
Secuestro		
Secuestro de carbono total 2007-2014 (millones de toneladas)		120.75
Secuestro de carbono anual (millones de toneladas)		17.25
Valor del secuestro de carbono total (millones de dólares)		13,281.99
Valor anual del secuestro de carbono total (millones de dólares)		1,897.43
Valor del secuestro de carbono total (millones de pesos)		176,650.48
Valor anual del secuestro de carbono (millones de pesos)		25,235.78
Valor del secuestro de carbono total (% del PIB)		1.055
Valor anual del secuestro de carbono (% del PIB)		0.151

Fuente. Elaboración propia. El tipo de cambio utilizado para la conversión de dólares a pesos es de 13.30 que representa el promedio del año (2014).

Cuadro 6.A. Estimaciones del carbono orgánico de los suelos (COS) por tipos de vegetación y ecosistema.

Ecosistema	Tipo de vegetación	Primaria			Secundaria		
		No. Datos	Promedio COS	Desv. Est. COS	No. datos	Promedio COS	Desv. Est. COS
		mgC ha^{-1}[46]			mgC ha^{-1}		
Bosque de coníferas	Bosque de ayarin	1	175.58		1	61.61	
	Bosque de cedro	0	69.99	66.81	0	69.66	66.81
	Bosque de oyamel	34	167.47	103.86	2	62.05	
	Bosque de pino	334	68.03	66.4	59	84.76	74.87
	Bosque de pino-encino	617	65.83	62.35	117	60.16	51.46
	Bosque de táscate	25	52.8	43.47	9	84.96	93.91
	Matorral de coniferas	0	69.66	66.81	0	69.66	66.81
Bosque de encino	Bosque de encino	456	51.05	48.77	265	50.4	44.2
	Bosque de encino-pino	165	47.28	37.82	61	54.01	45.79
Bosque mesófilo de montaña	Bosque mesófilo de montaña	44	99.61	80.84	13	147.26	121.14
Selva perennifolia	Selva alta perennifolia	30	110.53	70.28	44	90.25	48.94
	Selva alta subperennifolia	1	29.4		2	68.07	
	Selva mediana perennifolia	1	67.28		0	67.28	
	Selva mediana subperennifolia	71	131.64	75	90	96.68	75.17
	Selva baja perennifolia	9	76.21	30.29	1	134.06	
Selva subcaducifolia	selva mediana subcaducifolia	73	52.24	38.63	218	84.45	63.82
	Selva baja subcaducifolia	6	79.84	113.68	0	79.84	113.68
Selva caducifolia	Selva mediana caducifolia	12	44.76	52.06	5	37.7	26.17
	selva baja caducifolia	359	44.31	40.61	511	52.47	46.11
	Matorral subtropical	81	43.34	40.95	115	44.04	34.12
Selva espinosa	selva baja espinosa	26	45.21	38.83	27	29.1	19.06
	selva baja subperennifolia	14	83.77	39.31	2	150.52	
	Mezquital (MKE)	0	31.72	22.74	0	32.11	21.68
Vegetación hidrófila	Selva de galería	0	74.03	96.44	0	74.03	96.44
	Bosque de galería	3	48.96	20.84	0	48.96	20.84
	Petén	0	74.03	96.44	0	74.03	96.44
	Manglar	44	88.58	106.98	1	99	
	Vegetación de galería	32	32.89	51.09			
	Vegetación halófila hidrófila (VHH)	0	74.03	96.44	0	74.03	96.44
	Popal	4	169.63	216.42			

[46] Toneladas por hectárea.

	Tular	24	88.4	86.77			
Especial otros tipos de vegetación	Mezquital (MK)	377	32.12	21.97	1	32.32	
	Palmar natural	1	26.93		0	26.93	
	Vegetación de dunas costeras	12	12.65	10.35	0	12.65	10.35
Matorral xerófilo	Matorral espinoso tamaulipeco	717	33.95	22.45	62	48.12	26.66
	Matorral sarco-crasicaule	71	9.77	10.52	0	9.77	10.52
	Matorral sarco-crasicaule de neblina	6	7.83	3.54	0	7.83	3.54
	Matorral sarcocaule	163	11.88	17.55	4	23.01	13.12
	Matorral submontano	355	59.11	46.34	105	53.73	36.52
	Chaparral	157	37.82	38.58	11	26.84	39.15
	Mezquital (MKX)	79	29.84	26.19	6	34.19	32.11
	Matorral crasicaule	220	32.11	27.92	69	38.76	26.92
	Matorral desértico micrófilo	3160	28.03	23.49	581	26.41	17.53
	Matorral desértico rosetófilo	831	34.28	32.41	45	32.41	25.81
	Matorral rosetófilo costero	15	17.29	12.76	1	22.68	
	Vegetación de desiertos arenosos	85	9.67	8.88	0	9.67	8.88
	Vegetación gipsófila	15	17.58	14.17	0		
	Vegetación halófila (VH)	485	24.79	24.38	60	22.88	25.13
Pastizal	Pastizal natural	787	33.9	27	474	30.64	20.23
	Pastizal halófilo	351	24.24	20.14	64	25.86	18.95
	Pastizal gipsófilo	40	54.71	36.31	0	54.71	36.31
	Pradera de alta montaña	2	49.22		0		
	Sabana	36	52.13	52.4	0		
Vegetación inducida	Bosque inducido	0	47.67	43.53			
	Sabanoide	1	10.35				
	Pastizal inducido	1236	47.6	43.43			
	Palmar inducido	6	68.84	62.91			
Información agrícola-pecuaria- forestal	Información agrícola-pecuaria- forestal	6878	46.03	43.43			
Información complementaria	Zona urbana	9	39.66	29.65			
	Cuerpos de gua	14	37.27	32.99			
	Área desprovista de vegetación	0					
	Asentamiento humano	0					
Sin vegetación aparente	Sin vegetación aparente	104	19.03	24.32			
Vegetación secundaria herbácea	Vegetación secundaria herbácea	51	51.85	57.89			
Bosque cultivado	Bosque cultivado	8	26.72	17.34			

Fuente: Paz Pellat *et al*., 2018: Cuadro 2 pp. 300 y Cuadro 3 pp. 302.

Cuadro 7.A. Estimaciones multitemporales del COS por tipo de vegetación y clases de FAO.

Clase FAO	Tipo de vegetación	1993		2002		2007		2011		2014	
		Superficie ha	COS total Gg C	Superficie ha	COS total Gg C	Superficie ha	COS total Gg C	Superficie ha	COS total GgC	Superficie ha	COS total Gg C
Bosques	Bosque de ayarin	40045	5479	40007	5472	39850	5444	39850	5223	39850	5584
	Bosque de cedro	2521	176	2246	156	1979	138	1979	144	1979	144
	Bosque de oyamel	147520	23680	143579	22399	144144	22486	144144	22381	144144	22404
	Bosque de pino	7527230	541631	7277254	529800	7279002	530094	7279002	557991	7279002	542943
	Bosque de pino-encino	8915737	574168	8689256	555971	8658794	553845	8658794	548950	8658794	550255
	Bosque de táscate	324763	22381	315454	22028	317598	22265	317598	20349	317598	24010
	Bosque de encino	11382925	578677	11096796	563804	11099329	563907	110099329	567056	110099329	555275
	Bosque de encino- pino	4318649	211216	4230735	207901	4216131	207311	4216131	212151	4216131	210104
	Bosque mesófilo de montaña	1803680	217869	1711615	211780	1702639	210498	1702639	230837	1702639	230807
	selva alta de perennifolia	3772081	375501	3574239	350634	3448868	338920	3448868	316244	3448868	306812
	selva alta de subperennifolia	174371	9466	158518	8429	153767	8111	153767	9065	153767	8229
	selva mediana perennifolia	1099	74	550	37	550	37	550	43	550	41
	Selva medianasubperennifolia	5815131	622255	5428486	579686	5325448	570131	5325448	589158	5325448	574565
	Selva baja perennifolia	56002	4299	44164	3559	39794	3247	39794	3472	39794	4429
	Selva mediana subcaducifolia	4606628	371493	4323880	351732	4162058	338061	4162058	340542	4162058	337513
	Selva baja subcaducifolia	71553	5713	68.634	5480	74263	5929	74263	3992	74263	4008
	Selva mediana caducifolia	1107947	42777	998376	38754	971515	37571	971515	40743	971515	40190
	Selva baja caducifolia	15452673	754001	14460224	704173	14166078	689517	14166078	693621	14166078	675843
	Selva baja espinosa	704443	24057	650484	22014	604982	20583	604982	21962	604982	23050
	Selva baja subperennifolia	1028865	126027	991203	122514	984625	121804	984625	134045	984625	144228
	Mezquital (MKE)	81522	2593	72684	2312	73827	2348	73827	4692	73827	4641
	Selva de galería	2782	206	2445	181	1963	145	1963	399	1963	367
	Bosque de galería	24980	1223	19719	965	19428	951	19428	1129	19428	1140

	Petén	44708	3310	44648	3305	44869	3322	44869	4502	44869	4515
	Manglar	914610	81113	882033	78602	886561	79149	886561	84156	886561	85815
	Mezquital (MK)	387324	12451	321285	10329	315714	10151	315714	9252	315714	9178
	Palmar natural	12741	343	11242	303	17817	480	17817	517	17817	713
	Bosque inducido	290	14	58	3	360	17	360	225	360	225
	Total	68722818	4612190	65559811	4402145	64751953	4346463	64751953	4422387	64751953	4367026
Otras tierras boscosas	Matorral de coníferas	911	63	975	68	911	63	911	0	911	0
	Matorral subtropical	1355489	58994	1338762	58226	1337038	58191	1337038	56471	1337038	55700
	Matorral espinoso tamaulipeco	3460945	129783	3289821	123718	3263050	122491	3263050	124141	3263050	121896
	Matorral sarco-crasicaule	2371723	23162	2341521	22867	2333239	22787	2333239	22472	2333239	20350
	Matorral sarco-crasicaule de neblina	580135	4544	570750	4471	568963	4457	568963	4428	568963	4268
	Matorral sarcocaule	5425573	66031	5393128	65543	5369021	65200	5369021	63417	5369021	68122
	Matorral submontano	2817996	164191	2772725	161573	2758033	160756	2758033	157563	2758033	157463
	Chaparral	2140711	77975	2120109	77002	2106201	76544	2106201	78408	2106201	73223
	Mezquital (MKX)	2618665	79721	2461031	75078	2391249	72969	2391249	71043	2391249	71877
	Total	20772148	604465	20288822	588587	20127706	583458	20127706	577943	20127706	572898
Otras tierras	Vegetación de galería	175521	5772	139102	4574	139974	4603	139974	4929	139974	6099
	Vegetación halófila (VHH)	462851	34267	444581	32914	432378	32010	432378	27099	432378	28004
	Popal	158062	26813	143807	24394	142147	24113	142147	24071	142147	21441
	Tular	898875	79459	908775	80334	909719	80418	909719	81203	909719	89726
	Vegetación de dunas costeras	169126	2139	159429	2017	157505	1992	157505	1910	157505	1939
	Matorral crasicaule	1586132	53606	1534164	51530	1514861	50860	1514861	51185	1514861	51715
	Matorral desértico micrófilo	22022673	614094	21728149	605797	21522612	600015	21522612	591531	21522612	581539
	Matorral desértico rosetófilo	10647792	364390	10628769	363713	10619500	363400	10619500	364983	10619500	358970
	Matorral rosetófilo costero	488310	8576	471587	8272	468291	8212	468291	8248	468291	8356
	Vegetación de desiertos arenosos	2172960	21014	2159908	20888	2147683	20770	2147683	20818	2147683	21724
	Vegetación gipsófila	46149	811	46149	811	28356	499	28356	836	28356	850

	Vegetación halófila (VH)	2674823	66009	2568949	63363	2494669	61549	2494669	72304	2494669	59919
	Pastizal Natural	10412371	339797	10235461	334026	10046625	328028	10046625	319218	10046625	298308
	Pastizal Halófilo	1922431	46807	1892193	46107	1781133	43346	1781133	44859	1781133	43672
	Pastizal Gipsófilo	42306	2314	39155	2142	35222	1927	35222	2219	35222	2115
	Pradera de alta montaña	17069	840	16471	811	16472	811	16472	812	16472	818
	Sabanoide	170905	1769	186246	1928	184821	1913	184821	1573	184821	1468
	Sabana	292681	15258	196273	10232	188933	9850	188933	8219	188933	6832
	Pastizal inducido	6218188	295997	6651946	316645	6676333	317806	6676333	286080	6676333	359550
	Palmar inducido	112103	7717	118576	8163	109304	7524	109304	6633	109304	6612
	Información agrícola-pecuaria- forestal	40519783	1865202	44458110	2046491	45934808	2114466	45934808	2101375	45934808	2114534
	Zona urbana	1112466	44115	1112466	44115	1112466	44115	1112466	46825	1112466	47881
	Área desprovista de vegetación	6031	0	12820	0	63480	0	63480	0	63480	0
	Asentamiento humano	0	0	50401	0	153710	0	153710	0	153710	0
	Área sin vegetación aparente	957283	18216	994242	18919	976503	18582	976503	18469	976503	25912
	Vegetación secundaria herbácea	190940	9899	226451	11741	188368	9766	188368	9640	188368	19633
	Total	103477829	3924883	107124180	4099927	108045872	4146575	108045872	4095041	108045872	4157617
Agua	Cuerpos de agua	1396821	52057	1349296	50286	1358573	50632	1358573	53319	1358573	53460
	Total	1396821	52057	1349296	50286	1358573	50632	1358573	53319	1358573	53460
Bosque cultivado	Bosque cultivado					33014	882	33014	1591	33014	1470
	Total					33014	882	33014	1591	33014	1470
Totales		194369616	9193596	194332109	9140945	194317118	9128010	194317118	9150731	194317118	9152471

Fuente: Paz y Pellat, *et al*., (2018). Las sumas totales de cada columna por años fueron estimadas.

Cuadro 8.A. Secuestro de Carbono Orgánico en Suelos

Clase FAO	Tipo de vegetación	2002-1993	2007-2002	2011-2007	2014-2011	2014-2007
		COS (millones de ton)				
Bosques	Bosque de ayarin	-0.007	-0.028	-0.221	0.361	0.140
	Bosque de cedro	-0.020	-0.018	0.006	0.000	0.006
	Bosque de oyamel	-1.281	0.087	-0.105	0.023	-0.082
	Bosque de pino	-11.831	0.294	27.897	-15.048	12.849
	Bosque de pino-encino	-18.197	-2.126	-4.895	1.305	-3.590
	Bosque de táscate	-0.353	0.237	-1.916	3.661	1.745
	Bosque de encino	-14.873	0.103	3.149	-11.781	-8.632
	Bosque de encino- pino	-3.315	-0.590	4.840	-2.047	2.793
	Bosque mesófilo de montaña	-6.089	-1.282	20.339	-0.030	20.309
	selva alta de perennifolia	-24.867	-11.714	-22.676	-9.432	-32.108
	selva alta de subperennifolia	-1.037	-0.318	0.954	-0.836	0.118
	selva mediana perennifolia	-0.037	0.000	0.006	-0.002	0.004
	Selva medianasubperennifolia	-42.569	-9.555	19.027	-14.593	4.434
	Selva baja perennifolia	-0.740	-0.312	0.225	0.957	1.182
	Selva mediana subcaducifolia	-19.761	-13.671	2.481	-3.029	-0.548
	Selva baja subcaducifolia	-0.233	0.449	-1.937	0.016	-1.921
	Selva mediana caducifolia	-4.023	-1.183	3.172	-0.553	2.619
	Selva baja caducifolia	-49.828	-14.656	4.104	-17.778	-13.674
	Selva baja espinosa	-2.043	-1.431	1.379	1.088	2.467
	Selva baja subperennifolia	-3.513	-0.710	12.241	10.183	22.424
	Mezquital (MKE)	-0.281	0.036	2.344	-0.051	2.293
	Selva de galería	-0.025	-0.036	0.254	-0.032	0.222
	Bosque de galería	-0.258	-0.014	0.178	0.011	0.189
	Petén	-0.005	0.017	1.180	0.013	1.193
	Manglar	-2.511	0.547	5.007	1.659	6.666
	Mezquital (MK)	-2.122	-0.178	-0.899	-0.074	-0.973
	Palmar natural	-0.040	0.177	0.037	0.196	0.233
	Bosque inducido	-0.011	0.014	0.208	0.000	0.208
	Total	-210.045	-55.682	75.924	-55.361	20.563
Otras tierras boscosas	Matorral de coníferas	0.005	-0.005	-0.063	0.000	-0.063
	Matorral subtropical	-0.768	-0.035	-1.720	-0.771	-2.491
	Matorral espinoso tamaulipeco	-6.065	-1.227	1.650	-2.245	-0.595
	Matorral sarco-crasicaule	-0.295	-0.080	-0.315	-2.122	-2.437
	Matorral sarco-crasicaule de neblina	-0.073	-0.014	-0.029	-0.160	-0.189

	Matorral sarcocaule	-0.488	-0.343	-1.783	4.705	2.922
	Matorral submontano	-2.618	-0.817	-3.193	-0.100	-3.293
	Chaparral	-0.973	-0.458	1.864	-5.185	-3.321
	Mezquital (MKX)	-4.643	-2.109	-1.926	0.834	-1.092
	Total	-15.878	-5.129	-5.515	-5.045	-10.560
Otras tierras	Vegetación de galería	-1.198	0.029	0.326	1.170	1.496
	Vegetación halófila (VHH)	-1.353	-0.904	-4.911	0.905	-4.006
	Popal	-2.419	-0.281	-0.042	-2.630	-2.672
	Tular	0.875	0.084	0.785	8.523	9.308
	Vegetación de dunas costeras	-0.122	-0.025	-0.082	0.029	-0.053
	Matorral crasicaule	-2.076	-0.670	0.325	0.530	0.855
	Matorral desértico micrófilo	-8.297	-5.782	-8.484	-9.992	-18.476
	Matorral desértico rosetófilo	-0.677	-0.313	1.583	-6.013	-4.430
	Matorral rosetófilo costero	-0.304	-0.060	0.036	0.108	0.144
	Vegetación de desiertos arenosos	-0.126	-0.118	0.048	0.906	0.954
	Vegetación gipsófila	0.000	-0.312	0.337	0.014	0.351
	Vegetación halófila (VH)	-2.646	-1.814	10.755	-12.385	-1.630
	Pastizal Natural	-5.771	-5.998	-8.810	-20.910	-29.720
	Pastizal Halófilo	-0.700	-2.761	1.513	-1.187	0.326
	Pastizal Gipsófilo	-0.172	-0.215	0.292	-0.104	0.188
	Pradera de alta montaña	-0.029	0.000	0.001	0.006	0.007
	Sabanoide	0.159	-0.015	-0.340	-0.105	-0.445
	Sabana	-5.026	-0.382	-1.631	-1.387	-3.018
	Pastizal inducido	20.648	1.161	-31.726	73.470	41.744
	Palmar inducido	0.446	-0.639	-0.891	-0.021	-0.912
	Información agrícola-pecuaria- forestal	181.289	67.975	-13.091	13.159	0.068
	Zona urbana	0.000	0.000	2.710	1.056	3.766
	Área desprovista de vegetación	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Asentamiento humano	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Área sin vegetación aparente	0.703	-0.337	-0.113	7.443	7.330
	Vegetación secundaria herbácea	1.842	-1.975	-0.126	9.993	9.867
	Total	175.044	46.648	-51.534	62.576	11.042
Agua	Cuerpos de agua	-1.771	0.346	2.687	0.141	2.828
	Total	-1.771	0.346	2.687	0.141	2.828
Bosque cultivado	Bosque cultivado	0.000	0.882	0.709	-0.121	0.588
	Total	0.000	0.882	0.709	-0.121	0.588
Totales		**-52.651**	**-12.935**	**22.721**	**1.740**	**24.461**

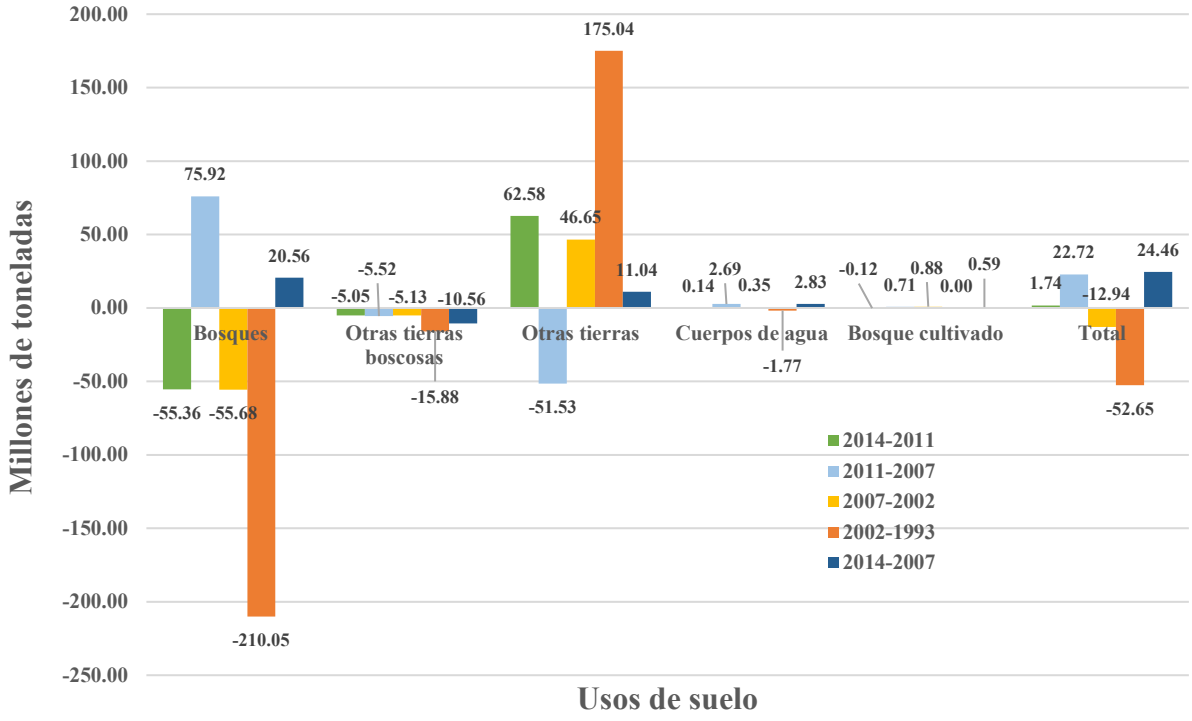
Fuente: elaboración propia con información de INEGI (2016).

Cuadro 9.A. Carbono almacenado y secuestrado en suelos: 2007 y 2014: tC/ha/año.

	2007	2014	2014-2007
Carbono almacenado total (millones de ton)	9,128.01	9,152.47	
Secuestro de carbono 2007-2014 (millones de ton)			24.46
Secuestro de carbono anual (promedio-millones de ton)			3.49
Superficie total (millones de ha)	194.32	194.32	
Cambio en la superficie 2007-2014 (millones de ha)			0.00
Carbono almacenado total (ton/ha)	46.97	47.10	
Cambio en el carbono almacenado total 2007-2014 (ton/ha)			0.126
Secuestro de carbono 2007-2014 (ton/ha de 2014)			0.126
Secuestro de carbono anual (promedio-ton/ha de 2014)			0.018

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2.A: Secuestro de carbono Orgánico (COS)



Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI (2016).

Cuadro 10.A. Cambios en COS en suelos y secuestro de carbono

Ecosistema	Formación forestal	Coeficientes de condición del sistema				
		α_t	$(\alpha_t - \alpha_{t-4})$	$(\alpha_t - \alpha_{t-3})$	$(\alpha_t - \alpha_{t-2})$	$(\alpha_t - \alpha_{t-1})$
Bosques	Bosque de ayarin	140.13	3.30	3.35	3.51	9.06
	Bosque de cedro	72.76	2.95	3.31	3.03	0.00
	Bosque de oyamel	155.43	-5.09	-0.58	-0.57	0.16
	Bosque de pino	74.59	2.63	1.79	1.77	-2.07
	Bosque de pino-encino	63.55	-0.85	-0.44	-0.41	0.15
	Bosque de táscate	75.60	6.68	5.77	5.49	11.53
	Bosque de encino	50.03	-0.81	-0.78	-0.78	-1.06
	Bosque de encino- pino	49.83	0.93	0.69	0.66	-0.49
	Bosque mesófilo de montaña	135.56	14.77	11.83	11.93	-0.02
	selva alta de perennifolia	88.96	-10.59	-9.14	-9.31	-2.73
	selva alta de subperennifolia	53.52	-0.77	0.34	0.77	-5.44
	selva mediana perennifolia	74.55	7.21	7.27	7.27	-3.64
	Selva medianasubperennifolia	107.89	0.88	1.10	0.83	-2.74
	Selva baja perennifolia	111.30	34.53	30.71	29.70	24.05
	Selva mediana subcaducifolia	81.09	0.45	-0.25	-0.13	-0.73
	Selva baja subcaducifolia	53.97	-25.87	-79789.84	-25.87	0.22
	Selva mediana caducifolia	41.37	2.76	2.55	2.70	-0.57
	Selva baja caducifolia	47.71	-1.09	-0.99	-0.97	-1.25
	Selva baja espinosa	38.10	3.95	4.26	4.08	1.80
	Selva baja subperennifolia	146.48	23.99	22.88	22.77	10.34
	Mezquital (MKE)	62.86	31.06	31.05	31.06	-0.69
	Selva de galería	186.96	112.91	112.93	113.09	-16.30
	Bosque de galería	58.68	9.72	9.74	9.73	0.57
	Petén	100.63	26.59	26.60	26.59	0.29
	Manglar	96.80	8.11	7.68	7.52	1.87
	Mezquital (MK)	29.07	-3.08	-3.08	-3.08	-0.23
	Palmar natural	40.02	13.10	13.07	13.08	11.00
	Bosque inducido	625.00	576.72	573.28	577.78	0.00
	Total	67.44	0.33	0.30	0.32	-0.85
Otras tierras boscosas	Matorral de coníferas	0.00	-69.15	-69.74	-69.15	0.00
	Matorral subtropical	41.66	-1.86	-1.83	-1.86	-0.58
	Matorral espinoso tamaulipeco	37.36	-0.14	-0.25	-0.18	-0.69
	Matorral sarco-crasicaule	8.72	-1.04	-1.04	-1.04	-0.91
	Matorral sarco-crasicaule de neblina	7.50	-0.33	-0.33	-0.33	-0.28
	Matorral sarcocaule	12.69	0.52	0.53	0.54	0.88
	Matorral submontano	57.09	-1.17	-1.18	-1.19	-0.04
	Chaparral	34.77	-1.66	-1.55	-1.58	-2.46

	Mezquital (MKX)	30.06	-0.39	-0.45	-0.46	0.35
	Total	28.46	-0.64	-0.55	-0.52	-0.25
Otras tierras	Vegetación de galería	43.57	10.69	10.69	10.69	8.36
	Vegetación halófila (VHH)	64.77	-9.27	-9.27	-9.27	2.09
	Popal	150.84	-18.80	-18.79	-18.80	-18.50
	Tular	98.63	10.23	10.23	10.23	9.37
	Vegetación de dunas costeras	12.31	-0.34	-0.34	-0.34	0.18
	Matorral crasicaule	34.14	0.34	0.55	0.56	0.35
	Matorral desértico micrófilo	27.02	-0.86	-0.86	-0.86	-0.46
	Matorral desértico rosetófilo	33.80	-0.42	-0.42	-0.42	-0.57
	Matorral rosetófilo costero	17.84	0.28	0.30	0.31	0.23
	Vegetación de desiertos arenosos	10.12	0.44	0.44	0.44	0.42
	Vegetación gipsófila	29.98	12.40	12.40	12.38	0.49
	Vegetación halófila (VH)	24.02	-0.66	-0.65	-0.65	-4.96
	Pastizal Natural	29.69	-2.94	-2.94	-2.96	-2.08
	Pastizal Halófilo	24.52	0.17	0.15	0.18	-0.67
	Pastizal Gipsófilo	60.05	5.35	5.34	5.34	-2.95
	Pradera de alta montaña	49.66	0.45	0.42	0.42	0.36
	Sabanoide	7.94	-2.41	-2.41	-2.41	-0.57
	Sabana	36.16	-15.97	-15.97	-15.97	-7.34
	Pastizal inducido	53.85	6.25	6.25	6.25	11.00
	Palmar inducido	60.49	-8.35	-8.35	-8.34	-0.19
	Información agrícola- pecuaria-forestal	46.03	0.00	0.00	0.00	0.29
	Zona urbana	43.04	3.39	3.39	3.39	0.95
	Área desprovista de vegetación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Asentamiento humano	0.00	NA	0.00	0.00	0.00
	Área sin vegetación aparente	26.54	7.51	7.51	7.51	7.62
	Vegetación secundaria herbácea	104.23	52.38	52.38	52.38	53.05
	Total	38.48	0.55	0.21	0.10	0.58
Agua	Cuerpos de agua	39.35	2.08	2.08	2.08	0.10
	Total	39.35	2.08	2.08	2.08	0.10
Bosque cultivado	Bosque cultivado	44.53	NA	NA	17.81	-3.67
	Total	44.53	NA	NA	17.81	-3.67
Totales		**47.10**	**-0.20**	**0.06**	**0.13**	**0.01**

Notas: Los coeficientes corresponden a los períodos de 1993-2002, 2002-2007, 2007-2011 y 2011-2014.
Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI (2016).

Cuadro 11.A. Valoración monetaria del servicio anual de almacenamiento de carbono orgánico en los suelos (valor anual): 2014

Clase FAO	Tipo de vegetación	US$25/tCO2e (millones de pesos de 2014)		US$30/tCO2e (pesos millones de pesos de 2014)	
		Tasa 2%	Tasa 4%	Tasa 2%	Tasa 4%
Bosques	Bosque de ayarin	136.16	272.31	163.39	326.78
	Bosque de cedro	3.51	7.02	4.21	8.43
	Bosque de oyamel	546.28	1,092.57	655.54	1,311.08
	Bosque de pino	13,238.76	26,477.52	15,886.51	31,773.02
	Bosque de pino-encino	13,417.05	26,834.10	16,100.46	32,200.92
	Bosque de táscate	585.44	1,170.89	702.53	1,405.07
	Bosque de encino	13,539.46	27,078.91	16,247.35	32,494.69
	Bosque de encino- pino	5,123.04	10,246.07	6,147.64	12,295.29
	Bosque mesófilo de montaña	5,627.84	11,255.69	6,753.41	13,506.83
	selva alta de perennifolia	7,481.10	14,962.20	8,977.32	17,954.64
	selva alta de subperennifolia	200.65	401.30	240.78	481.56
	selva mediana perennifolia	1.00	2.00	1.20	2.40
	Selva mediana subperennifolia	14,009.81	28,019.62	16,811.77	33,623.54
	Selva baja perennifolia	107.99	215.99	129.59	259.19
	Selva mediana subcaducifolia	8,229.69	16,459.38	9,875.63	19,751.26
	Selva baja subcaducifolia	97.73	195.46	117.27	234.55
	Selva mediana caducifolia	979.97	1,959.93	1,175.96	2,351.92
	Selva baja caducifolia	16,479.31	32,958.61	19,775.17	39,550.33
	Selva baja espinosa	562.04	1,124.07	674.44	1,348.89
	Selva baja subperennifolia	3,516.76	7,033.52	4,220.11	8,440.22
	Mezquital (MKE)	113.16	226.33	135.80	271.59
	Selva de galería	8.95	17.90	10.74	21.48
	Bosque de galería	27.80	55.59	33.36	66.71
	Petén	110.09	220.18	132.11	264.22
	Manglar	2,092.46	4,184.91	2,510.95	5,021.89
	Mezquital (MK)	223.79	447.58	268.55	537.10
	Palmar natural	17.39	34.77	20.86	41.72
	Bosque inducido	5.49	10.97	6.58	13.17
	Total	106,482.65	212,965.30	127,779.18	255,558.36
Otras tierras boscosas	Matorral de coníferas	0.00	0.00	0.00	0.00
	Matorral subtropical	1,358.15	2,716.30	1,629.78	3,259.56
	Matorral espinoso tamaulipeco	2,972.23	5,944.46	3,566.68	7,133.35
	Matorral sarco-crasicaule	496.20	992.40	595.44	1,190.88
	Matorral sarco-crasicaule de neblina	104.07	208.14	124.88	249.76
	Matorral sarcocaule	1,661.04	3,322.08	1,993.25	3,986.50
	Matorral submontano	3,839.47	7,678.95	4,607.37	9,214.73
	Chaparral	1,785.42	3,570.84	2,142.50	4,285.01

	Mezquital (MKX)	1,752.60	3,505.20	2,103.12	4,206.24
	Total	13,969.16	27,938.33	16,763.00	33,525.99
Otras tierras	Vegetación de galería	148.71	297.43	178.46	356.91
	Vegetación halófila (VHH)	682.83	1,365.66	819.40	1,638.79
	Popal	522.80	1,045.61	627.36	1,254.73
	Tular	2,187.82	4,375.64	2,625.38	5,250.77
	Vegetación de dunas costeras	47.28	94.56	56.74	113.47
	Matorral crasicaule	1,260.98	2,521.97	1,513.18	3,026.36
	Matorral desértico micrófilo	14,179.86	28,359.72	17,015.83	34,031.66
	Matorral desértico rosetófilo	8,752.89	17,505.77	10,503.46	21,006.92
	Matorral rosetófilo costero	203.75	407.49	244.50	488.99
	Vegetación de desiertos arenosos	529.70	1,059.41	635.64	1,271.29
	Vegetación gipsófila	20.73	41.45	24.87	49.74
	Vegetación halófila (VH)	1,461.02	2,922.05	1,753.23	3,506.46
	Pastizal Natural	7,273.74	14,547.49	8,728.49	17,456.98
	Pastizal Halófilo	1,064.87	2,129.74	1,277.84	2,555.69
	Pastizal Gipsófilo	51.57	103.14	61.88	123.77
	Pradera de alta montaña	19.95	39.89	23.93	47.87
	Sabanoide	35.79	71.59	42.95	85.91
	Sabana	166.59	333.17	199.90	399.81
	Pastizal inducido	8,767.03	17,534.06	10,520.43	21,040.87
	Palmar inducido	161.22	322.45	193.47	386.93
	Información agrícola- pecuaria- forestal	51,559.39	103,118.77	61,871.26	123,742.53
	Zona urbana	1,167.50	2,335.00	1,401.00	2,802.00
	Área desprovista de vegetación	0.00	0.00	0.00	0.00
	Asentamiento humano	0.00	0.00	0.00	0.00
	Área sin vegetación aparente	631.82	1,263.64	758.19	1,516.37
	Vegetación secundaria herbácea	478.72	957.44	574.46	1,148.92
	Total	101,376.56	202,753.12	121,651.87	243,303.75
Agua	Cuerpos de agua	1,303.53	2,607.07	1,564.24	3,128.48
	Total	1,303.53	2,607.07	1,564.24	3,128.48
Bosque cultivado	Bosque cultivado	35.84	71.69	43.01	86.02
	Total	35.84	71.69	43.01	86.02
	Totales	**223,167.75**	**446,335.50**	**267,801.30**	**535,602.60**
Total como % de PIB Nacional 2014		**1.3329**	**2.6657**	**1.5994**	**3.1989**

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2016)

Cuadro 12.A. Valoración monetaria del servicio anual de almacenamiento de carbono orgánico en los suelos (valor anual): 2007.

Clase FAO	Tipo de vegetación	US$25/tCO2e (millones de pesos de 2014)		US$30/tCO2e (pesos millones de pesos de 2014)	
		Tasa 2%	Tasa 4%	Tasa 2%	Tasa 4%
Bosques	Bosque de ayarin	132.74	72.41	159.29	318.58
	Bosque de cedro	3.36	6.73	4.04	8.08
	Bosque de oyamel	548.28	299.06	657.94	1,315.88
	Bosque de pino	12,925.46	25,850.92	15,510.55	31,021.10
	Bosque de pino-encino	13,504.59	7,366.14	16,205.50	32,411.01
	Bosque de táscate	542.89	1,085.79	651.47	1,302.95
	Bosque de encino	13,749.93	7,499.96	16,499.92	32,999.84
	Bosque de encino- pino	5,054.93	10,109.87	6,065.92	12,131.84
	Bosque mesófilo de montaña	5,132.64	2,799.62	6,159.17	12,318.34
	selva alta de perennifolia	8,264.00	16,528.00	9,916.80	19,833.60
	selva alta de subperennifolia	197.77	107.88	237.33	474.66
	selva mediana perennifolia	0.90	1.80	1.08	2.17
	Selva mediana subperennifolia	13,901.69	7,582.74	16,682.03	33,364.07
	Selva baja perennifolia	79.17	158.35	95.01	190.01
	Selva mediana subcaducifolia	8,243.05	4,496.21	9,891.66	19,783.33
	Selva baja subcaducifolia	144.57	289.14	173.48	346.97
	Selva mediana caducifolia	916.11	499.69	1,099.33	2,198.65
	Selva baja caducifolia	16,812.72	33,625.45	20,175.27	40,350.53
	Selva baja espinosa	501.88	273.75	602.26	1,204.52
	Selva baja subperennifolia	2,969.99	5,939.98	3,563.99	7,127.97
	Mezquital (MKE)	57.25	31.23	68.70	137.40
	Selva de galería	3.54	7.07	4.24	8.49
	Bosque de galería	23.19	12.65	27.83	55.65
	Petén	81.00	162.00	97.20	194.40
	Manglar	1,929.92	1,052.68	2,315.90	4,631.80
	Mezquital (MK)	247.52	495.03	297.02	594.04
	Palmar natural	11.70	6.38	14.04	28.09
	Bosque inducido	0.41	0.83	0.50	0.99
	Total	105,981.26	57,807.96	127,177.51	254,355.01
Otras tierras boscosas	Matorral de coníferas	1.54	3.07	1.84	3.69
	Matorral subtropical	1,418.89	773.94	1,702.67	3,405.34
	Matorral espinoso tamaulipeco	2,986.74	5,973.48	3,584.09	7,168.17
	Matorral sarco-crasicaule	555.62	303.07	666.75	1,333.50
	Matorral sarco-crasicaule de neblina	108.68	217.35	130.41	260.82
	Matorral sarcocaule	1,589.79	867.16	1,907.75	3,815.50

	Matorral submontano	3,919.77	7,839.53	4,703.72	9,407.44
	Chaparral	1,866.40	1,018.04	2,239.68	4,479.35
	Mezquital (MKX)	1,779.23	3,558.45	2,135.07	4,270.15
	Total	14,226.65	7,759.99	17,071.98	34,143.96
Otras tierras	Vegetación de galería	112.24	224.47	134.68	269.37
	Vegetación halófila (VHH)	780.51	425.73	936.61	1,873.23
	Popal	587.96	1,175.91	705.55	1,411.09
	Tular	1,960.86	1,069.56	2,353.03	4,706.06
	Vegetación de dunas costeras	48.57	97.14	58.29	116.57
	Matorral crasicaule	1,240.14	676.44	1,488.16	2,976.33
	Matorral desértico micrófilo	14,630.37	29,260.73	17,556.44	35,112.88
	Matorral desértico rosetófilo	8,860.90	4,833.22	10,633.08	21,266.17
	Matorral rosetófilo costero	200.24	400.47	240.28	480.57
	Vegetación de desiertos arenosos	506.44	276.24	607.73	1,215.46
	Vegetación gipsófila	12.17	24.33	14.60	29.20
	Vegetación halófila (VH)	1,500.77	818.60	1,800.92	3,601.85
	Pastizal Natural	7,998.42	15,996.83	9,598.10	19,196.20
	Pastizal Halófilo	1,056.92	576.50	1,268.30	2,536.61
	Pastizal Gipsófilo	46.99	93.97	56.38	112.77
	Pradera de alta montaña	19.77	10.79	23.73	47.46
	Sabanoide	46.65	93.29	55.97	111.95
	Sabana	240.18	131.01	288.21	576.42
	Pastizal inducido	7,749.17	15,498.34	9,299.00	18,598.01
	Palmar inducido	183.46	100.07	220.15	440.30
	Información agrícola- pecuaria-forestal	51,557.73	103,115.46	61,869.28	123,738.55
	Zona urbana	1,075.67	586.73	1,290.80	2,581.61
	Área desprovista de vegetación	0.00	0.00	0.00	0.00
	Asentamiento humano	0.00	0.00	0.00	0.00
	Área sin vegetación aparente	453.09	906.18	543.71	1,087.42
	Vegetación secundaria herbácea	238.13	129.89	285.75	571.51
	Total	101,107.32	202,214.64	121,328.78	242,657.57
Agua	Cuerpos de agua	1,234.58	673.41	1,481.49	2,962.98
	Total	1,234.58	2,469.15	1,481.49	2,962.98
Bosque cultivado	Bosque cultivado	21.51	11.73	25.81	51.61
	Total	21.51	43.01	25.81	51.61
	Totales	**222,571.31**	**445,142.62**	**267,085.57**	**534,171.15**
Total como % de PIB Nacional 2014		**1.3293**	**2.6586**	**1.5952**	**3.1903**

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2016)

Cuadro 13.A. Valoración del servicio de secuestro de carbono orgánico en suelos: 2007-2014

Clase FAO	Tipo de vegetación	Secuestro 2014-2007 millones de ton	Secuestro 2014-2007 25Ton/CO2 en millones de pesos	Secuestro 2014-2007 30Ton/CO2 en millones de pesos
Bosques	Bosque de ayarin	0.14	170.68	204.82
	Bosque de cedro	0.01	7.32	8.78
	Bosque de oyamel	-0.08	-99.97	-119.97
	Bosque de pino	12.85	15,665.07	18,798.09
	Bosque de pino-encino	-3.59	-4,376.81	-5,252.17
	Bosque de táscate	1.75	2,127.45	2,552.94
	Bosque de encino	-8.63	-10,523.85	-12,628.62
	Bosque de encino- pino	2.79	3,405.13	4,086.16
	Bosque mesófilo de montaña	20.31	24,760.06	29,712.07
	selva alta de perennifolia	-32.11	-39,145.00	-46,974.00
	selva alta de subperennifolia	0.12	143.86	172.63
	selva mediana perennifolia	0.00	4.88	5.85
	Selva mediana subperennifolia	4.43	5,405.79	6,486.94
	Selva baja perennifolia	1.18	1,441.06	1,729.27
	Selva mediana subcaducifolia	-0.55	-668.10	-801.72
	Selva baja subcaducifolia	-1.92	-2,342.02	-2,810.42
	Selva mediana caducifolia	2.62	3,193.00	3,831.60
	Selva baja caducifolia	-13.67	-16,670.89	-20,005.06
	Selva baja espinosa	2.47	3,007.68	3,609.22
	Selva baja subperennifolia	22.42	27,338.59	32,806.31
	Mezquital (MKE)	2.29	2,795.55	3,354.66
	Selva de galería	0.22	270.66	324.79
	Bosque de galería	0.19	230.42	276.51
	Petén	1.19	1,454.47	1,745.36
	Manglar	6.67	8,126.97	9,752.36
	Mezquital (MK)	-0.97	-1,186.25	-1,423.50
	Palmar natural	0.23	284.07	340.88
	Bosque inducido	0.21	253.59	304.30
	Total	20.56	25,069.72	30,083.67
Otras tierras boscosas	Matorral de coníferas	-0.06	-76.81	-92.17
	Matorral subtropical	-2.49	-3,036.94	-3,644.33
	Matorral espinoso tamaulipeco	-0.60	-725.40	-870.49
	Matorral sarco-crasicaule	-2.44	-2,971.11	-3,565.33
	Matorral sarco-crasicaule de neblina	-0.19	-230.42	-276.51
	Matorral sarcocaule	2.92	3,562.41	4,274.89
	Matorral submontano	-3.29	-4,014.72	-4,817.66
	Chaparral	-3.32	-4,048.85	-4,858.62
	Mezquital (MKX)	-1.09	-1,331.33	-1,597.60
	Total	-10.56	-12,874.40	-15,449.28
Otras tierras	Vegetación de galería	1.50	1,823.87	2,188.65
	Vegetación halófila (VHH)	-4.01	-4,883.98	-5,860.78

	Popal	-2.67	-3,257.61	-3,909.14
	Tular	9.31	11,348.00	13,617.60
	Vegetación de dunas costeras	-0.05	-64.62	-77.54
	Matorral crasicaule	0.86	1,042.39	1,250.87
	Matorral desértico micrófilo	-18.48	-22,525.32	-27,030.39
	Matorral desértico rosetófilo	-4.43	-5,400.91	-6,481.09
	Matorral rosetófilo costero	0.14	175.56	210.67
	Vegetación de desiertos arenosos	0.95	1,163.09	1,395.70
	Vegetación gipsófila	0.35	427.93	513.51
	Vegetación halófila (VH)	-1.63	-1,987.24	-2,384.69
	Pastizal Natural	-29.72	-36,233.63	-43,480.36
	Pastizal Halófilo	0.33	397.45	476.94
	Pastizal Gipsófilo	0.19	229.20	275.04
	Pradera de alta montaña	0.01	8.53	10.24
	Sabanoide	-0.45	-542.53	-651.04
	Sabana	-3.02	-3,679.45	-4,415.33
	Pastizal inducido	41.74	50,892.89	61,071.47
	Palmar inducido	-0.91	-1,111.88	-1,334.26
	Información agrícola- pecuaria-forestal	0.07	82.90	99.48
	Zona urbana	3.77	4,591.38	5,509.66
	Área desprovista de vegetación	0.00	0.00	0.00
	Asentamiento humano	0.00	0.00	0.00
	Área sin vegetación aparente	7.33	8,936.49	10,723.79
	Vegetación secundaria herbácea	9.87	12,029.52	14,435.42
	Total	11.04	13,462.04	16,154.45
Agua	Cuerpos de agua	2.83	3,447.80	4,137.36
	Total	2.83	3,447.80	4,137.36
Bosque cultivado	Bosque cultivado	0.59	716.87	860.24
	Total	0.59	716.87	860.24
	Totales	**24.46**	**29,822.04**	**35,786.44**
Total como % de PIB Nacional 2014			**0.1781**	**0.2137**
	Totales (promedio anual)	**3.49**	**4,260.29**	**5,112.35**
Total anual como % de PIB Nacional 2014			**0.0254**	**0.0305**

Cuadro 14.A. Valor del servicio de almacenamiento y secuestro de carbono orgánico en Biomasa (pesos de 2014 por ha)

Tipo	Valor por ha									
	Almacenamiento				Secuestro		Total			
	25 USD y 2%	25 USD y 4%	30 USD y 2%	30 USD y 4%	25 USD	30 USD	25 USD y 2%	25 USD y 4%	30 USD y 2%	30 USD y 4%
Bosque de coníferas	752.96	1505.91	903.55	1807.10	123.74	148.49	876.70	1629.66	1052.04	1955.59
Bosque de coníferas y latifoliadas	602.76	1205.51	723.31	1446.61	153.02	183.62	755.78	1358.53	906.93	1630.24
Bosque de latifoliadas	395.74	791.48	474.89	949.78	99.54	119.45	495.28	891.03	594.34	1069.23
Bosque mesófilo	1059.21	2118.42	1271.05	2542.11	1108.09	1329.71	2167.30	3226.51	2600.76	3871.82
Selvas altas y medianas	743.94	1487.87	892.72	1785.45	698.69	838.42	1442.62	2186.56	1731.15	2623.87
Selvas bajas	267.73	535.46	321.27	642.55	203.03	243.63	470.75	738.48	564.91	886.18
Otras asociaciones	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manglar	352.83	705.65	423.39	846.78	264.69	317.63	617.52	970.34	741.02	1164.41
Subtotal forestal	525.52	1051.04	630.62	1261.25	227.89	273.47	753.41	1278.93	904.09	1534.71
Matorral xerófilo (zonas semiáridas)	42.91	85.83	51.50	103.00	-37.24	-44.69	5.67	48.59	6.81	58.31
Matorral xerófilo (zonas áridas)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras áreas forestales	43.89	87.78	52.67	105.34	-35.34	-42.40	8.55	52.44	10.27	62.93
Total forestal primaria	193.66	387.32	232.39	464.79	66.24	79.49	259.90	453.56	311.88	544.27
Bosque de coníferas	541.31	1082.62	649.57	1299.14	524.42	629.31	1065.73	1607.04	1278.88	1928.45
Bosque de coníferas y latifoliadas	507.17	1014.35	608.61	1217.22	587.09	704.51	1094.26	1601.44	1313.12	1921.72
Bosque de latifoliadas	302.35	604.71	362.82	725.65	337.03	404.43	639.38	941.74	767.26	1130.08
Bosque mesófilo	514.49	1028.98	617.39	1234.77	438.01	525.61	952.50	1466.98	1142.99	1760.38
Selvas altas y medianas	458.41	916.81	550.09	1100.18	394.06	472.87	852.46	1310.87	1022.95	1573.04
Selvas bajas	202.38	404.76	242.86	485.72	366.79	440.15	569.17	771.56	683.01	925.87
Otras asociaciones	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manglar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Subtotal forestal	379.88	759.75	455.85	911.70	417.06	500.47	796.93	1176.81	956.32	1412.17
Matorral xerófilo (zonas semiáridas)	31.70	63.40	38.04	76.08	-1.12	-1.35	30.57	62.27	36.69	74.73
Matorral xerófilo (zonas áridas)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras áreas forestales	80.47	160.93	96.56	193.12	184.34	221.21	264.81	345.27	317.77	414.33
Total forestal secundaria	304.46	608.93	365.36	730.71	340.84	409.01	645.30	949.77	774.36	1139.72
Total	227.68	455.35	273.21	546.42	152.56	183.07	380.24	607.91	456.28	729.49

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2016)

Cuadro 15.A. Valor del servicio de almacenamiento y secuestro de carbono orgánico en Suelos (pesos de 2014 por ha)

Tipo	Valor por ha									
	Almacenamiento				Secuestro		Total			
	25 USD y 2%	25 USD y 4%	30 USD y 2%	30 USD y 4%	25 USD	30 USD	25 USD y 2%	25 USD y 4%	30 USD y 2%	30 USD y 4%
Bosque de ayarin	3331.06	6662.13	3997.28	7994.55	611.88	734.25	3942.94	7274.00	4731.53	8728.81
Bosque de cedro	1700.30	3400.61	2040.36	4080.73	528.04	633.65	2228.35	3928.65	2674.02	4714.38
Bosque de oyamel	3803.72	7607.44	4564.47	9128.93	-99.08	-118.89	3704.64	7508.36	4445.57	9010.04
Bosque de pino	1775.72	3551.44	2130.86	4261.72	307.44	368.93	2083.16	3858.88	2499.79	4630.65
Bosque de pino-encino	1559.64	3119.28	1871.57	3743.13	-72.21	-86.65	1487.43	3047.07	1784.91	3656.48
Bosque de táscate	1709.38	3418.76	2051.25	4102.51	956.94	1148.32	2666.31	4375.69	3199.58	5250.83
Bosque de encino	1238.81	2477.62	1486.57	2973.14	-135.45	-162.54	1103.36	2342.16	1324.03	2810.60
Bosque de encino- pino	1198.95	2397.90	1438.74	2877.48	115.38	138.45	1314.33	2513.28	1577.19	3015.93
Bosque mesófilo de montaña	3014.52	6029.04	3617.43	7234.85	2077.45	2492.94	5091.97	8106.50	6110.37	9727.80
selva alta de perennifolia	2396.15	4792.30	2875.38	5750.76	-1621.44	-1945.73	774.71	3170.85	929.65	3805.02
selva alta de subperennifolia	1286.19	2572.38	1543.43	3086.85	133.65	160.39	1419.84	2706.03	1703.81	3247.24
selva mediana perennifolia	1640.33	3280.67	1968.40	3936.80	1266.67	1520.00	2907.00	4547.33	3488.40	5456.80
Selva mediana subperennifolia	2610.43	5220.85	3132.51	6265.03	145.01	174.01	2755.44	5365.87	3306.53	6439.04
Selva baja perennifolia	1989.56	3979.13	2387.48	4774.95	5173.27	6207.92	7162.83	9152.39	8595.40	10982.87
Selva mediana subcaducifolia	1980.52	3961.05	2376.63	4753.26	-22.93	-27.52	1957.59	3938.12	2349.11	4725.74
Selva baja subcaducifolia	1946.71	3893.43	2336.06	4672.11	-4505.26	-5406.31	-2558.55	-611.83	-3070.26	-734.20
Selva mediana caducifolia	942.97	1885.93	1131.56	2263.12	469.52	563.42	1412.48	2355.45	1694.98	2826.54
Selva baja caducifolia	1186.83	2373.66	1424.20	2848.39	-168.12	-201.74	1018.71	2205.54	1222.46	2646.65
Selva baja espinosa	829.58	1659.16	995.50	1991.00	710.22	852.26	1539.80	2369.38	1847.76	2843.26
Selva baja subperennifolia	3016.36	6032.73	3619.64	7239.27	3966.50	4759.80	6982.86	9999.23	8379.43	11999.07
Mezquital (MKE)	775.49	1550.98	930.59	1861.17	5409.46	6491.35	6184.95	6960.44	7421.94	8352.53

Selva de galería	1801.11	3602.22	2161.33	4322.67	19696.89	23636.27	21498.00	23299.12	25797.61	27958.94
Bosque de galería	1193.56	2387.13	1432.28	2864.55	1694.33	2033.20	2887.90	4081.46	3465.48	4897.75
Petén	1805.29	3610.57	2166.34	4332.69	4630.83	5557.00	6436.12	8241.41	7723.34	9889.69
Manglar	2176.86	4353.71	2612.23	5224.46	1309.55	1571.46	3486.41	5663.26	4183.69	6795.92
Mezquital (MK)	783.99	1567.97	940.78	1881.57	-536.76	-644.12	247.22	1031.21	296.66	1237.45
Palmar natural	656.90	1313.80	788.28	1576.56	2277.65	2733.18	2934.55	3591.45	3521.46	4309.74
Bosque inducido	1151.44	2302.87	1381.72	2763.44	100629.63	120755.56	101781.06	102932.50	122137.28	123519.00
Total	1636.73	3273.45	1964.07	3928.14	55.31	66.37	1692.04	3328.76	2030.44	3994.52
Matorral de coníferas	1686.22	3372.45	2023.47	4046.94	-12044.46	-14453.35	-10358.23	-8672.01	-12429.88	-10406.41
Matorral subtropical	1061.22	2122.44	1273.46	2546.93	-324.49	-389.38	736.73	1797.95	884.08	2157.54
Matorral espinoso tamaulipeco	915.32	1830.64	1098.39	2196.77	-31.76	-38.11	883.56	1798.88	1060.28	2158.66
Matorral sarco-crasicaule	238.13	476.27	285.76	571.52	-181.91	-218.29	56.22	294.36	67.47	353.23
Matorral sarco-crasicaule de neblina	191.01	382.02	229.21	458.42	-57.86	-69.43	133.15	324.16	159.78	388.99
Matorral sarcocaule	296.10	592.21	355.33	710.65	94.79	113.74	390.89	687.00	469.07	824.40
Matorral submontano	1421.22	2842.44	1705.46	3410.92	-207.95	-249.54	1213.27	2634.49	1455.92	3161.38
Chaparral	886.14	1772.29	1063.37	2126.75	-274.62	-329.55	611.52	1497.67	733.83	1797.20
Mezquital (MKX)	744.06	1488.12	892.87	1785.74	-79.54	-95.44	664.52	1408.58	797.43	1690.30
Total	706.82	1413.64	848.18	1696.37	-91.38	-109.65	615.44	1322.26	738.53	1586.71
Vegetación de galería	801.84	1603.68	962.21	1924.41	1861.44	2233.73	2663.28	3465.12	3195.93	4158.14
Vegetación halófila (VHH)	1805.16	3610.32	2166.19	4332.38	-1613.66	-1936.39	191.50	1996.65	229.80	2395.98
Popal	4136.25	8272.50	4963.50	9927.00	-3273.89	-3928.67	862.36	4998.61	1034.83	5998.33
Tular	2155.46	4310.91	2586.55	5173.09	1782.03	2138.43	3937.48	6092.94	4724.98	7311.53
Vegetación de dunas costeras	308.38	616.76	370.06	740.12	-58.61	-70.33	249.77	558.16	299.73	669.79
Matorral crasicaule	818.65	1637.29	982.38	1964.75	98.30	117.96	916.95	1735.59	1100.34	2082.71
Matorral desértico micrófilo	679.77	1359.53	815.72	1631.44	-149.51	-179.42	530.25	1210.02	636.31	1452.03
Matorral desértico rosetófilo	834.40	1668.80	1001.28	2002.56	-72.65	-87.19	761.74	1596.14	914.09	1915.37
Matorral rosetófilo costero	427.59	855.18	513.11	1026.21	53.56	64.27	481.15	908.73	577.37	1090.48

Vegetación de desiertos arenosos	235.81	471.62	282.97	565.94	77.36	92.84	313.17	548.98	375.81	658.78
Vegetación gipsófila	429.09	858.18	514.91	1029.82	2155.89	2587.07	2584.98	3014.07	3101.98	3616.89
Vegetación halófila (VH)	601.59	1203.18	721.91	1443.82	-113.80	-136.56	487.79	1089.38	585.35	1307.26
Pastizal Natural	796.13	1592.26	955.36	1910.71	-515.22	-618.27	280.91	1077.04	337.09	1292.45
Pastizal Halófilo	593.40	1186.80	712.08	1424.15	31.88	38.25	625.28	1218.67	750.33	1462.41
Pastizal Gipsófilo	1334.02	2668.03	1600.82	3201.64	929.63	1115.55	2263.64	3597.66	2716.37	4317.19
Pradera de alta montaña	1200.52	2401.03	1440.62	2881.24	74.01	88.82	1274.53	2475.04	1529.44	2970.05
Sabanoide	252.38	504.76	302.86	605.71	-419.35	-503.22	-166.97	85.41	-200.36	102.50
Sabana	1271.22	2542.44	1525.47	3050.93	-2782.12	-3338.55	-1510.90	-239.68	-1813.08	-287.62
Pastizal inducido	1160.69	2321.38	1392.83	2785.66	1088.98	1306.78	2249.68	3410.37	2699.61	4092.44
Palmar inducido	1678.44	3356.88	2014.13	4028.26	-1453.19	-1743.83	225.25	1903.69	270.29	2284.42
Información agrícola- pecuaria-forestal	1122.41	2244.82	1346.89	2693.79	0.26	0.31	1122.67	2245.08	1347.20	2694.10
Zona urbana	966.92	1933.85	1160.31	2320.62	589.60	707.52	1556.53	2523.45	1867.83	3028.14
Área desprovista de vegetación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Asentamiento humano	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Área sin vegetación aparente	463.99	927.99	556.79	1113.58	1307.36	1568.83	1771.35	2235.35	2125.63	2682.42
Vegetación secundaria herbácea	1264.16	2528.32	1516.99	3033.99	9123.11	10947.74	10387.27	11651.44	12464.73	13981.72
Total	935.78	1871.56	1122.94	2245.88	17.80	21.36	953.58	1889.36	1144.30	2267.23
Cuerpos de agua	908.73	1817.46	1090.48	2180.95	362.54	435.05	1271.28	2180.01	1525.53	2616.01
Total	908.73	1817.46	1090.48	2180.95	362.54	435.05	1271.28	2180.01	1525.53	2616.01
Bosque cultivado	651.42	1302.85	781.71	1563.42	3102.02	3722.42	3753.44	4404.86	4504.13	5285.84
Total	651.42	1302.85	781.71	1563.42	3102.02	3722.42	3753.44	4404.86	4504.13	5285.84
Total	1145.40	2290.80	1374.48	2748.97	21.92	26.31	1167.33	2312.73	1400.79	2775.28

REFERENCIAS

Alatorre, J.E., K. Caballero, J. Ferrer y L.M. Galindo (2019), EL costo social del carbono: una visión agregada desde América Latina, Estudios de cambio climático en América latina, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Ayala Niño, F., Y. maya Delgado y E. Troyo Dieguez (2018), Almacenamiento y flujo de carbono en suelos áridos como servicio ambiental: Un ejemplo en el noroeste de México, Terra Latinoamericana.

Balbotín, C., C.O. Cruz y J.D. Etchevers (2009), Soil carbon secuestration in different ecoregions of México, pp. 71-96 en R. Lal y R.F. (eds.) Soil carbon sequestration and the Greenhouse effect. SSA special publication 57, ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA.

Balbontín, C., F. Paz y J. Etchevers. 2005. Inventario carbono orgánico en los suelos de México: segunda aproximación. Informe preparado para el Instituto Nacional de Ecología y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. D.F., México. Disponible en: http://www.pmcarbono.org/pmc/biblioteca/doc_socios.php

Balbontín, C., J. Etchevers y F. Paz. 2004. Inventario de carbono orgánico en los suelos de México. Informe preparado para el Instituto Nacional de Ecología y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. D.F., México. Disponible en: http://www.pmcarbono.org/pmc/biblioteca/doc_socios.php

Batjes, N.H.1997.A World data set of derived soil properties by FAO-UNESCO soil unit for global modelling. Soil Use Manage. 13: 9-16.

Bateman, I.J. y A.A. Lovett (2000), Modelling and valuating carbon sequestration in softwood and hardwood trees, timber products and forests soils, CSERGE working paper GEC 2000-13.

Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (eds.). Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Institute for Global Environmental Strategies. Hayama, Japan.

Carré, F., R. Hiederer, V. Blujdea, and R. Koeble. 2010. Background guide for the calculation of land carbon stocks in the biofuels sustainability scheme drawing on the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. EUR24573 EN.Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg.

Cooper, H., L.V. Hedges y J. C. Valentine (eds) (1994), The handbook of research synthesis and meta-analysis, Russell Sage Foundation, segunda edicion, Nueva York.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2018), Inventario Nacional Forestal y de Suelos Informe de Resultados 2009-2014.

Cruz, C. y F. Paz. 2013. Mapa de carbono orgánico de los suelos de la República Mexicana.pp.187-191, en F. Paz, M. Bazan y V. Saynes (eds), Dinámica del Carbono en el Suelo 2012. Serie Avances Temáticos del Ciclo del Carbono y sus Interacciones. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Sociedad Mexicana de Ciencias del Suelo, Texcoco, Estado de México, México

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) (2010), Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010.Informe Nacional.FAO, Rome, Italy.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) (2014), Global forest resources assessment 2015, Country Report Mexico, Rome, Italy.

Cruz, G., L. López, C. A. Ortiz, J. L. Villaseñor, E. Ortiz, J.T. Silva, y F. Estrada. 2014. Interpolation of Mexican soil properties at a scale of 1:1 000 000. Geoderma 213: 29-35

de Jong, B. H. J., M. Olguin, F. Rojas, V. Maldonado, V. de la Cruz y F. Leyva. 2009. Informe del mapa de contenido de biomasa leñosa por hectárea año 2007. Informe reparado para CONAFOR. Texcoco, Edo. de México. Disponible en: http://www.pmcarbono.org/pmc/biblioteca/doc_socios.php

de Jong, B.H.J., F. Rojas, M. Olguín, V. de la Cruz, F. Paz, G. Jiménez y M.A. Castillo. 2010. Establecimiento de una línea base de las emisiones actuales y futuras de Gases de Efecto Invernadero provenientes de Agricultura, Silvicultura y otros usos del suelo. Informe final de consultoría para Conservación Internacional México A.C. Disponible en: http://www.pmcarbono.org/pmc/biblioteca/doc_socios.php

de Jong, B., C. Anaya, O. Masera, M. Olguin, F. Paz, J. Etchevers, R. Martinez, G. Guerrero, y C. Balbontin. 2010a. Greenhouse gas emissions between 1993 and 2002 from land-use change and forestry in Mexico. For. Ecol. Manage. 260: 1689-1701.

de Jong, B., O. Masera, R. D. Martínez, F. Paz, M. Olguin, C. Anaya, C. Balbontín, M.Motolinia y G. Guerrero (2006), Inventario nacional de emisiones de gases invernadero 1993-2002.Uso del suelo, cambio de uso del suelo y bosques, Reporte preparado para el Instituto Nacional de Ecología, México, D. F.

de Jong, B., M. Olguin, F. Rojas, V. Maldonado, F. Paz, J. Etchevers, C. O. Cruz y J. A.Argumedo (2009ª), Inventario Nacional de Emisiones de gases invernadero 1990-

2006.Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura. Reporte preparado para el Instituto Nacional de Ecología. México, D. F

Dell, Jones y Olken (2014), What do we learn from the weather? The new climate-economy literature, Journal of Economic Literature, vol. 52(5). 940-98.

Edens B., Elsasser P., Ivanov E. (2019). Discussion paper 6: Defining and valuing carbon related services in the SEEA EEA. Paper submitted to the Expert Meeting on Advancing the Measurement of Ecosystem Services for Ecosystem Accounting, New York, 22-24 January 2019 and subsequently revised. Version of 15 March 2019

Etchevers, J. D., O. Masera, C. Balbontín, D. Gómez, A. Monterroso, R. Martínez, M. Acosta, M. Martínez y C. Ortiz, 2006. Soil carbon sequestration in Mexico and Central America (Biome A). pp. 119-146. In: R. Lal, C. C. Cerri, M. Bernoux, J. Etchevers, and E. Cerri (eds.). Carbon Sequestration in Soils of Latin America. Howarth Press, Inc. New York, NY, USA.

Eswaran, H., E. Van Den Berg, and P. Reich. 1993. Organic carbon in soils of the world. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 192-104

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2001), Soil organic sequestration for improved land management, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2006), Guidelines for Soil Description. Fourth Edition. Rome, Italy.

FAO-ITPS (Food and Agriculture Organization of the United Nations Intergovernmental Technical Panel on Soils) (2015), Status of the World´s Soil Resources (SWSR) – Main Report, Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome, Italy

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Lefevre, C., R. Fatma, A. Viridiana y W. Liesl (2017), Carbono Orgánico del Suelo. El potencial oculto, Roma.

Fenichel E.P., Obst C. (2019). Discussion paper 5.2: A framework for the valuation of ecosystem assets. Paper drafted as input into the revision of the System on Environmental-Economic Accounting 2012– Experimental Ecosystem Accounting. Version of 13 June 2019.

Galindo, L.M. (2007), La economía del cambio climático en México: síntesis, SHCP y SEMARNAT.

Gorte, R.W. (2007), Carbon sequestration forests, Report for Congress, Congressional Research Service (CRS)

Haines-Young, R. & Potschin, M.B. (2018) Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure.

Hein, L., R.P. Remes, S. Schenau, P.W. Boggart, M.E. Lof y E. Horlings (2019), Ecosystem accounting in the Netherlands, Ecosystem Services, vol. 44, Agosto, pp. 101-118.
Hiederer, R. y M. Köchy (2011), Global soil organic carbon estimates of the harmonized world soil database. EUR 25225, Publication Off ice of the European Union. Luxembourg.

Horlinings, E., S. Schenau, L. Hein, M. Lof, L. de Jongh y M. Polder (2019a), Experimental monetary valuation of ecosystem services and assets in the Netherlands, University of Wageningen.

Horlinins, E., S. Schenau, L. Hein, M. Lof, L. de Jongh y M. Polder (2019b), Experimental monetary valuation of ecosystem services and assets in the Netherlands, Technical Background report, University of Wageningen.

Howard y Steiner (2017), Few and not so far between a meta-analysis of climate damage estimates, Environment and resource economics, vol. 68, pp. 197.

Hui, D. y H. Tian (2015), Climate change and carbon sequestration in forest ecosystems, document de trabajo.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2018), Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. Resumen Informativo. Ciudad de México.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2004) Información nacional sobre perfiles de suelo Versión 1.2. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, Ags., México

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), (1997) Base de datos geográficos. Diccionario de datos de uso del suelo y vegetación (vectorial). Escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags., México.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2000) Special Report on Emissions Scenarios.Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.Cambridge, U. K.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2006), Agriculture, forestry and other land use IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, en H. S. Eggleston, L.

Jones, A., Panagos, P., Barcelo, S., Bouraoui, F., Bosco, C. & et al (2012) The State of Soil in Europe: A contribution of the JRC to the European Environment Agency's Environment State and Outlook Report— SOER 2010. JRC Reference reports, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012.

Jobbagy, E. G. and R. B. Jackson (2000) The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. Ecol. Applic. 10: 423-436.

Kotchen, M.J. (2016), Which social cost of carbon? A theoretical perspective, NBER, Working paper, No. 22246, national Bureau of economic research, Washington D.C.
Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma 123: 1-22.

Ordoñez, J. A. B., T. Hernández, A. Galicia, I.E. Jiménez, A.Núñez, J.D. León, C.Tapia, J. F. Torres, M. Hernández, M. J. Ordoñez, F. A. González, J. A. Carrera, L.E.Piña, R.

Gómez, H. Cervantes y G. E. Álvarez. 2012. Actualización del Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero 1990-2010, para el Sector Uso de Suelo, Cambio en el Uso de Suelo y Silvicultura. Reporte preparado para INECC-PNUD. México, D. F.

Greenstone, M., E. Kopits y A. Wolverton (2013), Developing a social cost of carbon for US regulatory analysis: a methodological and interpretation, Review of Environmental Economics and Policy, vol. 7(1), pp. 23-46.

McKinsey & Company (ed.) (2009): Pathways to a Low-Carbon Economy. Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve. McKinsey & Company, 189 pp. McKinsey & Company (ed.) (2010).

NAS (National Academy of Sciences9 (2017), Valuing climate changes: Updating estimation of the social cost of carbon dioxide, national academy of sciences, www. Nap.edu/24651.

Nordhaus, (2017), Revisiting the social cost of carbon, proceedings of the national academy of sciences, vol. 114, No. 7.

Norhaus y Moffa (2017), A survey of the global impacts of climate change: replicability survey methods and a statistical analysis; Cowles Foundation discussion papers No. 2096.

Obst, C. y B. Edens (2019), Recording degradation in ecosystem accounts, Paper drafted as input into the revision of the System on Environmental-Economic Accounting 2012– Experimental Ecosystem Accounting.

Paz Pellat, F., J. Argumedo Espinoza, C. O. Cruz Gaistardo, J. D. Etchevers B. y B. de Jong (2016ª), Distribución espacial y temporal del carbono orgánico del suelo en los ecosistemas terrestres de México, Terra Latinoamericana 34: 289-310.

Paz, F., S. Covaleda, C. Hidalgo, J. Etchevers y F. Matus (2016b) Modelación simple y operativa de la distribución del carbono orgánico por fracciones físicas en los suelos. Terra Latinoamericana 34: 321-337

Paz, F., C. Cruz, J. Argumedo y J. Etchevers (2012), Mapas nacionales del carbono orgánico en los suelos a escala nacional para las series II, III y IV de uso del suelo de INEGI. pp. 296-306, en F. Paz y R. Cuevas (eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2011. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad Autónoma del Estado de México y el Instituto Nacional de Ecología, Texcoco, Estado de México, México, ISBN 978-607-715-085-5

Paz, F., C. O. Cruz, J. A. Argumedo y J. D. Etchevers (2010), Calculo de COS para las diferentes clases de vegetación consideradas en el informe nacional sobre evaluación de recursos forestales mundiales, México 2010. Informe preparado para CONAFOR. Texcoco, Estado de México. Disponible en: http://www.pmcarbono.org/pmc/biblioteca/doc_socios.php.

PMC (Programa Mexicano del Carbono). 2015. Serie VI de Uso del Suelo y Vegetación, Año Base 2014. Programa Mexicano del Carbono. Texcoco, Estado de México, México
Pindyck (2016), The social cost of carbon revisited, NBER, Working paper, 22807, National Bureau of Economic Research, Washington D.C.

Robert, M. (2002), Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra, Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, Roma.

Paz, F. y J. Etchevers (2016ª) Distribución a profundidad del carbono orgánico en los suelos de México. Terra Latinoamericana 34: 339-355.

Paz Pellat, J. Argumedo Espinoza, C. O. Cruz Gaistardo, J. D. Etchevers B. y B. de Jong. 2016. Distribución espacial y temporal del carbono orgánico del suelo en los ecosistemas terrestres de México. Terra Latinoamericana 34: 289-310.

Revez, R.L. et al (2017), Letter-The social cost of carbon: a global imperative, Review of environmental economics and policy, vol. 11, pp. 172-173.

Sánchez-Colon, S. (2019), Natural Capital Accounting and Valuation of Ecosystem Services Proyect. Pilot testing the SEE-EEA Framework in Mexico. System of environmental Economic Accountsing Extension.

Scharlemann, J. P. W., E. V. J. Tanner, R. Hiederer, and V. Kapos (2014), Global soil carbon: Understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. Carbon Manage. 5: 81-91.

SEEA-EEA Revision (2020), Ecosystem Services Issue Note: carbon, Naciones Unidas.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales e Instituto Nacional de Ecología (2006), México Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio Climático.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales e Instituto Nacional de Ecología (2009), México Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio Climático.

Smith, P. (2004) How long before a change in soil organic carbon can be detected? Global Change Biology, 10, 1878-1883.

Smith, S y N. Braathen (2015), Monetary carbon values in policy appraisal: an overview of current practice and key issues, OECD Environmental Working Papers, No. 92, OECD, Publishing, Paris.

Stern, N. (2006), Stern review on the Economics of Climate Change en www.sternreview.org.uk

US Government (2016), Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government.

Van den Bijgaart, I. R Gerlagh y M. Liski (2016), A simple, formula for the social cost of carbon, Journal of Environmental economics and management, vol. 77, pp. 75-94.

World Bank; Ecofys, Vivid Economics (2017), State and Trends of Carbon Pricing, 2017, Washington, DC. World Bank.