

Inventario carbono orgánico en los suelos de México

C. Balbontín, J. Etchevers, F. Paz
Colegio de Postgraduados-INEGI

Resumen

Con el propósito de dar seguimientos a los acuerdos suscritos por los Estados Unidos Mexicanos, signatario del protocolo de Kioto, referente a los inventarios de emisiones de gases efecto invernadero, se realizó una recopilación y análisis de información del contenido carbono orgánico presentes en los primeros 30 cm de los suelos de México para los años 1993 y 2003. Posteriormente se analizó su distribución en los grupos de vegetación, ecorregiones y tipos de suelos de acuerdo a lo establecido en las directrices del IPCC definidas en las “*Good Practices Guidance for LULUCF*”.

Materiales y métodos

Para la construcción de la base de datos del carbono orgánico de los suelos de la República Mexicana se utilizaron los valores publicados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) correspondientes a los años 1993 y 2003, de los que se seleccionaron 9549 perfiles georeferenciados. Estos valores representan un cubrimiento prácticamente total del país, encontrándose sólo espacios sin información las partes altas de la Sierra Madre Occidental y la costa de Michoacán y Guerrero (Fig. 1).



Figura 1. Distribución de los puntos de muestreo del carbono orgánico en la república mexicana (INEGI 2000).

Los valores seleccionados para el análisis fueron validados mediante un análisis de congruencia entre los valores reportados por los levantamientos de campo de INEGI y criterios edafológicos, climáticos y vegetacionales (Figura 2).

Así, cada valor de carbono fue validado al analizar su ubicación dentro de las capas vectoriales contenidas en:

- Información Geográfica Edafología Serie I escala 1: 250 000 (INEGI 2002)
- Climas de la Republica Mexicana (García, 1998)
- Uso de suelo y vegetación series II y III (INEGI 1996, 2003)

Los valores que no correspondieron al rango definido para su grupo dentro de cada agrupación, no fueron considerados al momento de calcular el promedio general de carbono del suelo. Para este análisis se consideró la opinión y la experiencia de los levantadores directos de la información en campo de INEGI, ya que en ciertas ocasiones la cartografía de climas o vegetación pueden no coincidir con la realidad, debido a la generalización que se provoca por la adopción de una escala de trabajo.



Figura 2. Mapas de edafología (INEGI 2003) y climas de México (García 1990).

Los valores de contenido de carbono fueron estandarizados a los primeros 30 cm del suelo, debido a que en esta profundidad es donde se intensifican los efectos antrópicos (IPCC 2003). Para calcular los valores de carbono en los primeros 30 cm del perfil de suelo se realizó una ponderación del contenido porcentual por cada centímetro de profundidad de suelo y posteriormente se sumaron los porcentajes individuales para llegar a la profundidad requerida. En los sitios con perfiles menores de 30 cm se consideró la profundidad efectiva.

Posteriormente los grupos de suelos fueron reagrupados según lo indicado en las *Guidelines* del IPCC para inventarios de carbono en el suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación de los tipos de suelos según WRB, USDA y su equivalente para IPCC.

		Clasificación	
WRB		USDA	IPCC
Albeluvisoles	Leptosoles	Alfisolos básicos	
Alisoles	Luvisoles	Aridisoles	
Calcisoles	Phaeozemes	Inceptisoles	Suelos con arcillas de alta actividad (HAC)
Cambisoles	Regosoles	Mollisoles	
Chernozem	Solonetz	Vertisoles	
Gypsisoles	Umbrisoles		
Kastanozem	Vertisoles		
	Acrisoles	Alfisolos ácidos	
	Durisoles	Oxisoles	Suelos con arcillas de baja actividad (LAC)
	Ferralsoles	Ultisoles	
	Lixisoles		
	Nitisoles		
	Arenosotes	Psammentes	Arenosos
	Podzoles	Spodosoles	Espódicos
	Andosoles	Andisoles	Volcánicos
	Gleysoles	Aquic	Tierras húmedas (no-Histosoles)

Adaptado de las Guidelines, IPCC (IPCC 2003)

Resultados

El contenido de carbono en el suelo, al realizar un agrupamiento general de los valores reportados, es congruente con la distribución de los climas y las zonas con mayor productividad de biomasa (Figura 3).

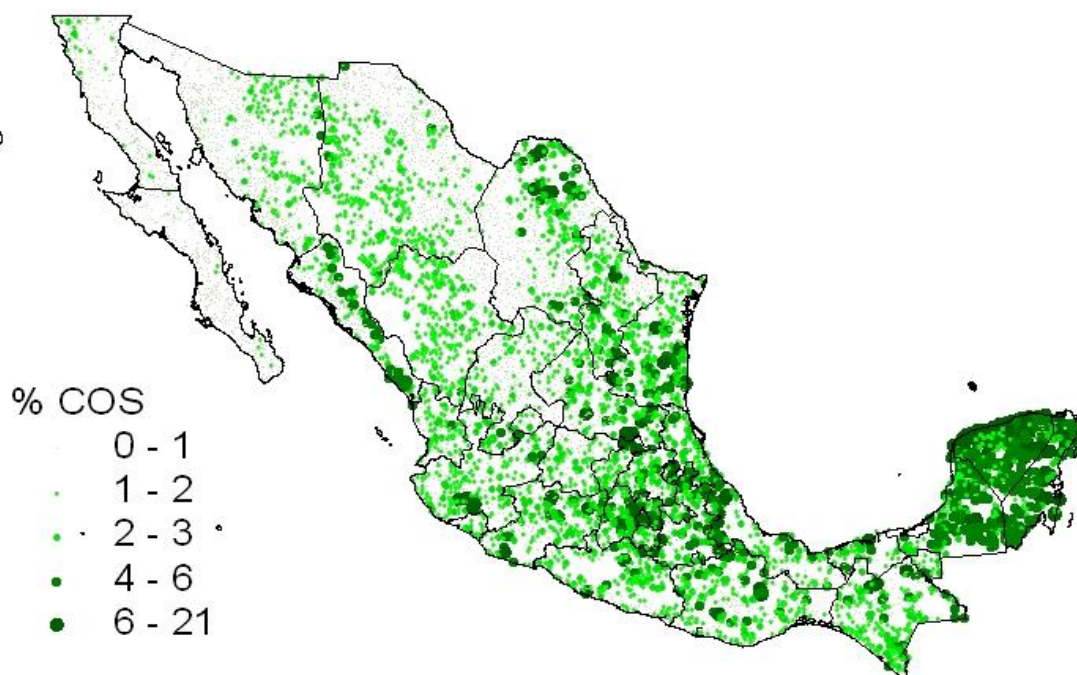


Figura 3. Distribución del porcentaje de COS en la republica mexicana.

El contenido de carbono en los suelos para el año 1993 de acuerdo a la clasificación por ecorregiones, vegetación predominante y tipo de suelo se indica en el Cuadro N°2.

Cuadro 2. Contenidos de carbono en los suelos México de acuerdo a los tipos de vegetación y ecorregiones en 1993.

Vegetación	% COS							Promedio
	Ecorregión							
	DN	CM	ESM	ST	SCS	SCH	GP	
Bosque de Coníferas	0.9	0.2	1.1	1.8	1.5			1.1
Bosque de Coníferas-veg sec	2.9		0.6	2.3	0.5	1.1		1.5
Bosque de Coníferas-Latifoliadas			1.3	1.6	1.8		1.5	1.5
Bosque de Coníferas-Latifoliadas-veg sec.	1.6		2.1	1.7	1.5			1.7
Bosque Latifoliadas			1.0	1.6	1.7	1.6	2.3	1.7
Bosque Latifoliadas-veg sec	1.5		1.2	2.5	1.9	2.9		2.0
Selva Alta y Mediana				2.4	2.6	3.6		2.9
Selva Alta y Mediana-veg sec				1.6	1.9	2.9		2.1
Selva baja			0.9	1.9	1.9	2.8	2.0	1.9
Selva baja-veg sec			1.2	1.9	2.0	2.5		1.9
Matorral	0.7	0.7	1.0	1.7	0.9		1.5	1.1
Matorral-veg sec	0.8	0.9	1.5	3.5	1.1		1.8	1.6
Pastizal natural	0.6	0.6	1.1	1.7	1.3	1.6	1.0	1.1
Humedal					1.2	2.3		1.7
Manglar					2.1	2.6		2.4
Manglar-veg sec					0.6	0.4		0.5
IAPF	0.8	0.5	1.0	2.0	1.4	2.3	1.1	1.3
Otros	0.3	0.4	0.8	1.9	1.8	1.6	1.1	1.1
Promedio	0.7	0.6	1.0	1.8	1.6	2.7	1.3	1.4

DN: Desiertos de Norteamérica; CM: California Mediterránea; ESM: Elevaciones Semiáridas Meridionales; ST: Sierras Templadas; SCS: Selvas Cálido-Secas; SCH: Selvas Cálido-Húmedas; GP: Grandes Planicies.

Esta información se distribuyó de una manera relativamente uniforme en todas las clases. Los valores más altos de carbono se concentraron en los suelos de las selvas altas y medianas y en las ecorregiones SCH.

El contenido de carbono en los suelos para el año 2003, siguiendo la misma clasificación por ecorregiones, vegetación predominante y tipo de suelo se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Contenidos de carbono en los suelos México de acuerdo a los tipos de vegetación y ecorregiones para el año 2002.

Vegetación	% COS							
	Ecorregión							Promedio
	DN	CM	ESM	ST	SCS	SCH	GP	
Bosque de Coníferas				2.4				2.4
Bosque de Coníferas-veg sec				2.6				2.6
Bosque de Coníferas-Latifoliadas			2.7	1.7				2.2
Bosque de Coníferas-Latifoliadas-veg sec.				2.8	0.0			1.4
Bosque Latifoliadas			0.8	1.4			1.1	1.1
Bosque Latifoliadas-veg sec				3.2		3.3		3.2
Selva Alta y Mediana				1.4		2.6		2.0
Selva Alta y Mediana-veg sec				0.9	0.4	3.8		1.7
Selva baja			2.7	1.8	1.3			1.9
Selva baja-veg sec			0.5	2.5	1.9	0.6		1.3
Matorral	0.3	0.5	0.9	1.0	0.8		2.4	1.0
Matorral-veg sec	0.9		1.4		1.4		1.3	1.2
Pastizal natural	0.4	0.5	0.9	1.7	0.9		1.1	0.9
Manglar						0.2		0.2
IAPF	0.7	0.6	0.8	2.4	1.2	2.4	1.1	1.3
Otros	0.3	0.7	0.5		0.5			0.5
Promedio	0.5	0.6	1.1	2.0	0.9	2.2	1.3	1.5

DN: Desiertos de Norteamérica; CM: California Mediterránea; ESM: Elevaciones Semiáridas Meridionales; ST: Sierras Templadas; SCS: Selvas Cálido-Secas; SCH: Selvas Cálido-Húmedas; GP: Grandes Planicies.

Los datos del año 2003 muestran que los valores más altos estuvieron concentrados en los bosques y en las ecorregiones SCH al igual que en el año 1993.

Agradecimientos

Se quiere hacer una especial referencia al valioso aporte del INEGI al presente estudio ya que la información aportada fue base sustancial para su desarrollo.

Referencias

García, E. 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Climas (Clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000. México.

INEGI. 2004. Información Nacional sobre Perfiles de Suelo Versión 1.2.

INEGI. 2002. Información Geográfica sobre edafología. Serie I escala 1: 250 000. México.

IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Ed. J. Penman, M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K.

Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC.

Anexo 1. Valores de porcentaje de COS para los años 1993 y 2002 por tipo de vegetación, ecorregión y suelo.

a) Año 1993

Vegetación	Suelo IPCC	COS	Ecorregión						
			CM	DN	ESM	GP	SCH	SCS	ST
Bosque de Coníferas	HAC	%COS	0.2	0.9	1.1			1.6	1.7
		IC	0.1	0.1	0.2			0.5	0.1
	LAC	%COS						1.2	2.1
		IC							0.6
	Arenosos	%COS							0.1
		IC							
Volcánicos	%COS							3.9	
	IC							2.1	
Bosque de Coníferas-veg sec	HAC	%COS		2.9	0.6		1.1	0.5	2.0
		IC		3.7	0.3				0.5
	LAC	%COS							1.6
		IC							
	Volcánicos	%COS							6.4
		IC							3.2
Tierras húmedas (no Histosoles)	%COS							2.0	
	IC								
	HAC	%COS			1.2	1.5		1.5	1.5
IC				0.5			1.1	0.1	
Bosque de Coníferas-Latifoliadas	LAC	%COS	IC		3.3			2.1	1.2
		IC						0.2	
	Arenosos	%COS			0.9				0.8
		IC			0.9				
	Volcánicos	%COS						2.4	2.7
		IC							0.7

Año 1993 (continuación)

Bosque de Coníferas-Latifoliadas-veg sec	HAC	%COS	1.6	2.1		1.5	1.5
		IC		0.7		1.0	0.3
	LAC	%COS					1.6
		IC					0.7
	Arenosos	%COS					2.6
		IC					
Bosque Latifoliadas	Volcánicos	%COS					4.1
		IC					2.9
	Tierras húmedas (no Histosoles)	%COS					1.9
		IC					2.6
	HAC	%COS	1.0	2.3	1.7	1.7	1.6
		IC	0.2	2.1	0.9	0.3	0.2
Bosque Latifoliadas-veg sec	LAC	%COS			1.5	1.5	1.8
		IC			1.1		0.6
	Arenosos	%COS	1.0				0.7
		IC	0.3				0.2
	Volcánicos	%COS	1.7				2.8
		IC					1.2
Selva Alta y Mediana	HAC	%COS	1.5	1.2	2.9	1.9	2.2
		IC	0.5	0.2	0.8	0.6	0.3
	LAC	%COS					3.5
		IC					1.9
	Volcánicos	%COS					8.2
		IC					9.3
Selva Alta y Mediana	HAC	%COS			3.8	2.9	2.4
		IC			0.3	0.9	1.2
	LAC	%COS			1.6	0.9	2.4
		IC			0.7	0.5	
	Tierras húmedas (no Histosoles)	%COS			2.5		
		IC			0.5		

Año 1993 (continuación)

Selva Alta y Mediana-veg sec	HAC	%COS					3.1	1.9	1.6
		IC					0.3	0.7	0.9
	LAC	%COS					1.6	1.0	
		IC					0.5	0.6	
Selva baja	Tierras húmedas (no Histosoles)	%COS					2.3		
		IC					1.0		
	HAC	%COS	0.9	2.0			3.9	1.9	2.1
		IC	0.2				2.1	0.2	1.3
Selva baja-veg sec	LAC	%COS					4.7	0.9	0.6
		IC							
	Arenosos	%COS						0.8	
	Arenosos	IC						0.3	
Matorral	Tierras húmedas (no Histosoles)	%COS					2.1		
		IC					0.6		
	HAC	%COS	1.2				2.9	2.0	1.9
		IC	0.4				1.0	0.3	0.4
Matorral	LAC	%COS	0.6					1.5	
		IC						0.8	
	Arenosos	%COS	0.7					1.1	
		IC							
Matorral	Tierras húmedas (no Histosoles)	%COS					2.2	0.8	
		IC					0.7		
	HAC	%COS	0.7	0.8	1.0	1.8		0.9	1.6
		IC	0.1	0.1	0.1	0.4		0.3	0.4
Matorral	LAC	%COS	0.4	0.3	0.6			0.6	
		IC	0.4	0.1					
	Arenosos	%COS	0.8	0.6	0.9	0.8		0.8	2.2
		IC	0.1	0.0	0.1	0.1		0.2	1.9
Matorral	Tierras húmedas (no Histosoles)	%COS		0.3					
		IC							

Año 1993 (continuación)

Matorral-veg sec	HAC	%COS	0.9	1.0	1.5	1.8		1.2	3.5
		IC		0.2	0.6	0.3		0.4	3.7
	LAC	%COS		0.3				0.3	
		IC		0.3					
Pastizal natural	Arenosos	%COS		0.6		1.3			
		IC		0.1		0.3			
	HAC	%COS	0.6	0.6	1.1	1.0	1.5	1.3	1.6
		IC	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.2	0.2
Pastizal natural	LAC	%COS	0.5	0.3	1.2		1.1	1.0	1.2
		IC	0.5	0.1	0.4		0.3		0.4
	Arenosos	%COS	0.9	0.6	0.8	1.1		0.3	0.6
		IC	1.0	0.1	0.1	0.4		0.4	0.2
Pastizal natural	Volcánicos	%COS					8.5		3.8
		IC							1.6
	Tierras húmedas (no Histosoles)	%COS		0.6	0.7		1.1	2.7	0.9
		IC		0.2	0.1		0.5	3.5	1.4
Humedal	HAC	%COS					2.0	1.2	
		IC					0.6	1.7	
Humedal	Tierras húmedas (no Histosoles)	%COS					2.8		
		IC					0.7		
Manglar	HAC	%COS					2.7	2.1	
		IC					1.7	1.8	
	Tierras húmedas (no Histosoles)	%COS					1.4		
Manglar-veg sec	HAC	%COS					0.4	0.6	
		IC					0.1		

Año 1993 (continuación)

IAPF	HAC	%COS	0.5	0.9	1.1	1.2	2.4	1.5	1.8
		IC	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
	LAC	%COS	0.5	0.4	1.0		1.7	1.1	1.9
		IC	0.2	0.2	0.3		0.3	0.4	0.5
	Arenosos	%COS	0.6	0.7	0.7	0.7	1.4	0.9	2.0
		IC	0.1	0.1	0.1	0.1	0.7	0.4	1.4
Volcánicos	%COS				0.5		2.8		2.9
	IC						0.8		0.5
Tierras húmedas (no Histosoles)	%COS				1.2		2.0	1.1	2.1
	IC				0.3		0.2	0.9	0.8
Otros	HAC	%COS	0.5	0.4	0.8	1.2	1.7	1.5	1.8
		IC	0.3	0.1	0.3	1.1	1.1	0.7	0.7
	LAC	%COS	0.1	0.3	1.0		0.9		1.2
		IC		0.1					
	Arenosos	%COS	0.2	0.2	0.8	0.5			
		IC		0.1	0.6				
Volcánicos	%COS								0.8
	IC								0.0
Tierras húmedas (no Histosoles)	%COS							6.5	3.7
	IC								2.2
Promedio general %COS			0.6	0.7	1.0	1.3	2.7	1.6	1.8
DS %COS			0.5	0.8	0.6	1.1	2.1	1.7	1.6

DN: Desiertos de Norteamérica; CM: California Mediterránea; ESM: Elevaciones Semiáridas Meridionales; ST: Sierras Templadas;

SCS: Selvas Cálido-Secas; SCH: Selvas Cálido-Húmedas; GP: Grandes Planicies.

IC: 95%

b) Año 2002

Vegetación	Suelo IPCC	COS	Ecorregión						
			CM	DN	ESM	GP	SCH	SCS	ST
Bosque de Coníferas	HAC	%COS							2.1
		IC							0.9
Bosque de Coníferas-veg sec	Volcánicos	%COS							3.3
		IC							2.5
Bosque de Coníferas-Latifoliadas	HAC	%COS							2.6
		IC							1.9
Bosque de Coníferas-Latifoliadas-veg sec	HAC	%COS			2.7				1.6
		IC							0.7
Bosque de Coníferas-Latifoliadas	LAC	%COS							2.2
		IC							0.4
Bosque de Coníferas-Latifoliadas-veg sec	Volcánicos	%COS							1.7
		IC							1.4
Bosque Latifoliadas	HAC	%COS						0.0	2.8
		IC							3.8
Bosque Latifoliadas-veg sec	HAC	%COS			0.8				1.4
		IC			0.4				0.9
Bosque Latifoliadas	Arenosos	%COS				1.1			
		IC							
Bosque Latifoliadas-veg sec	HAC	%COS					3.3		2.9
		IC							1.7
Selva Alta y Mediana	LAC	%COS							3.7
		IC							4.6
Selva Alta y Mediana	HAC	%COS					3.3		1.4
		IC					2.8		0.2
Selva Alta y Mediana	LAC	%COS					1.7		
		IC					0.5		

Año 2003 (continuación)

Selva Alta y Mediana-veg sec	HAC	%COS					6.1	0.4	0.9	
		IC					7.9			
	LAC	%COS					2.3			
		IC					0.6			
Selva baja	HAC	%COS	2.7					1.3	1.8	
		IC						0.5	1.0	
Selva baja-veg sec	HAC	%COS	0.5				0.6	1.9	2.5	
		IC						1.4		
Matorral	HAC	%COS	0.5	0.3	1.0	2.6		0.9	1.0	
		IC	0.7	0.1	0.3	1.2		0.5		
	LAC	%COS	0.4							
		IC								
	Arenosos	%COS	0.7	0.4	0.7	1.9		0.4		
		IC		0.1	0.5	1.4				
Matorral-veg sec	HAC	%COS	1.2				1.4	1.3	1.4	
		IC	1.5				2.0		2.3	
	Arenosos	%COS	0.5							
		IC	0.7							
Pastizal natural	HAC	%COS	0.5	0.4	0.9	1.1		1.0	1.2	
		IC		0.2	0.4	0.3		0.8	0.3	
	LAC	%COS							0.7	1.7
		IC								
	Arenosos	%COS	0.4				0.8	1.1		
		IC	0.2				0.2			
	Volcánicos	%COS							5.0	
		IC							5.6	
Manglar	HAC	%COS					0.2			
		IC					0.1			

Año 2003 (continuación)

IAPF	HAC	%COS	0.5	0.7	0.9	1.2	2.5	1.3	2.0
		IC		0.3	0.2	0.4	0.8	0.3	0.8
	LAC	%COS	0.8		0.7		1.9	0.4	2.3
		IC	0.4		0.1		1.2		2.8
	Arenosos	%COS	0.2	0.7	0.3	0.9	1.6	0.5	
		IC		0.3	0.1	0.3			
	Volcánicos	%COS							3.9
		IC							2.0
	Tierras húmedas (no Histosol)	%COS					1.9		6.0
		IC					0.6		
Otros	HAC	%COS	0.7	0.3	0.5			0.5	
		IC		0.4				0.9	
	Arenosos	%COS		0.1					
		IC							
Promedio general %COS			0.6	0.4	0.9	1.5	2.4	1.2	2.1
DS %COS			0.3	0.4	0.6	1.2	2.7	1.2	2.1

DN: Desiertos de Norteamérica; CM: California Mediterránea; ESM: Elevaciones Semiáridas Meridionales; ST: Sierras Templadas;
 SCS: Selvas Cálido-Secas; SCH: Selvas Cálido-Húmedas; GP: Grandes Planicies.

IC: 95%