

BASE DE DATOS DE PERFILES DE SUELOS EN MÉXICO

DATABASE OF SOIL PROFILES IN MEXICO

Fernando Paz-Pellat^{1†} y Alma S. Velázquez-Rodríguez²

¹GRENASER, Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

²Facultad de Ciencias, *campus* El Cerrillo, Universidad Autónoma del Estado de México. Carretera Toluca-Ixtlahuaca km 15.5, El Cerrillo Piedras Blancas, 50200 Toluca, Estado de México, México.

[†]Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

RESUMEN

Con la información del carbono orgánico en los suelos (COS) se pueden realizar inventarios de este almacén, considerado el más importante en los ecosistemas terrestres. En el presente trabajo se explica y documenta la base de datos de los perfiles de suelo realizados por INEGI, de los cuales se obtuvieron estimaciones de densidad aparente para poder calcular las densidades del COS, a profundidades de 10, 30 y 100 cm. Adicionalmente, se presenta y documenta la base de datos de las profundidades de los suelos de México. Dadas las restricciones de la base de datos documentada en relación a variables faltantes, se recomienda que los esfuerzos de medición del COS en el país se hagan en forma completa.

Palabras clave: *Carbono orgánico del suelo, densidad aparente, profundidad del suelo, tipos del suelo, tipos de uso del suelo y vegetación.*

ABSTRACT

The information on soil organic carbon (SOC) allows inventories of this stock, which is the most important in terrestrial ecosystems. This paper presents and documents the database of soil profiles of the INEGI, to which estimates of apparent density were made, in order to estimate the densities of the COS at depths of 10, 30 and 100 cm. Additionally, the database of the depths of the soils of Mexico is presented and documented. Given the constraints of the documented database in relation to missing variables, it is recommended that the COS measurement efforts in the country be done taking into account all variables.

Index words: *soil organic carbon, bulk density, soil depth soil types, land use and vegetation types.*

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica del suelo (MOS) es uno de los factores que determina la calidad y fertilidad del suelo, permitiendo que la estructura y capacidad de retención de humedad y nutrimentos se incremente, con una reducción de los procesos de erosión (Brady y Weil, 2002). El carbono orgánico de los suelos (COS) representa el mayor almacén en los ecosistemas

terrestres (Lal, 2004; FAO e ITPS, 2015), por lo que la estimación del contenido del COS es uno de los insumos que se debería considerar para el desarrollo de políticas públicas (Covaleda *et al.*, 2016 y 2018). Se estima que, a un metro de profundidad, el almacén de COS de alrededor de 1500 Pg C (Todd-Brown *et al.*, 2013; Scharlemann *et al.*, 2014), lo que representa el doble del COS almacenado a la profundidad de 30 cm (Carré *et al.*, 2010; Hiederer y Köchy, 2011).

Cabe señalar, que para los inventarios nacionales de emisiones de gases efecto invernadero, el IPCC (2003 y 2006) recomienda considerar una profundidad de suelo de 30 cm.

En México, las estimaciones nacionales del COS a la profundidad de 30 cm son de alrededor de 9 Pg C (Paz *et al.*, 2016). Dicha evaluación se realizó con base en los datos de COS disponibles, a la profundidad de 30 cm o más, provenientes de las bases de datos de perfiles del suelo (distribución del COS por estratos u horizontes) del INEGI (Paz *et al.*, 2016), las cuales se generaron en un acuerdo de colaboración entre el INEGI y el Programa Mexicano del Carbono (PMC), en conjunto con el Colegio de Postgraduados (COLPOS) y El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) en el año 2007 y posteriores.

Las bases de datos de los perfiles del suelo del INEGI se documentaron con anterioridad (INEGI, 1998 y 2004), pero no se han actualizado y carecen (en algunos cientos de suelos) de valores de densidad aparente y contenido de fragmentos gruesos (> 2 mm), lo que da como resultado altas incertidumbres en las estimaciones que se realizan (Ryter, 2012; Thropp *et al.*, 2012; Poeplau *et al.*, 2017). Las evaluaciones realizadas con datos de densidad aparente y fragmentos gruesos,

que se discuten en Paz *et al.* (2016) usando los perfiles de suelo, pueden considerarse una aproximación gruesa a los contenidos de COS, dadas las metodologías que se emplearon.

En el presente trabajo se documenta una base de datos de los perfiles de suelos del INEGI, después de un estricto control de calidad, con estimaciones de la densidad aparente. La base de datos contiene información de variables directas e indirectas, que inciden en los contenidos del COS. Adicionalmente, se documenta una base de datos de profundidad de suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Base de datos de perfiles del suelo

En la Figura 1 se muestra la localización geográfica, actualizada a 2008, de los perfiles de suelo del INEGI. La base de datos de laboratorio contenía originalmente 56 598 datos de horizontes del suelo, con 22 613 perfiles con valores de COS y textura, pero después de un estricto control de calidad, los datos de horizontes quedaron en 54 900, correspondientes a 21 889 perfiles.

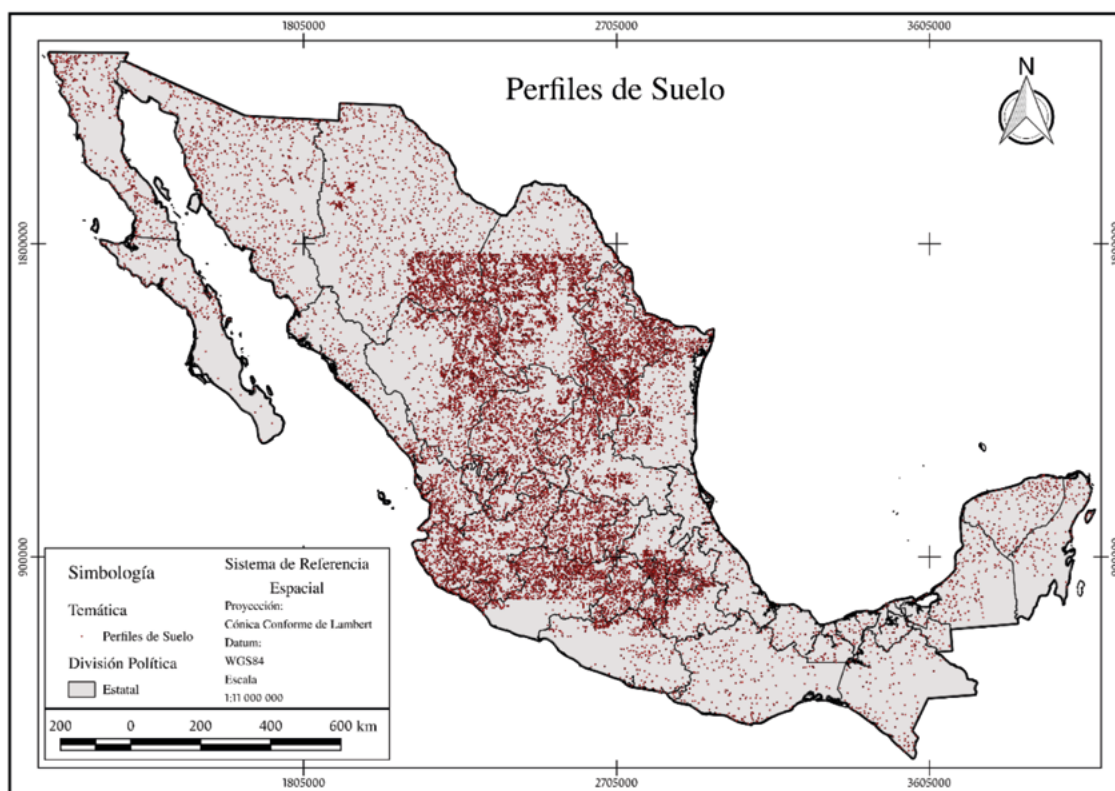


Figura 1. Localización geográfica de los perfiles de suelo del INEGI.

Estimación de la densidad aparente

En la base de datos de perfiles sólo se tienen 92 datos de densidad aparente del suelo (seco) y 639 de

densidad a una tensión de 0.33 Bares, la relación entre estas dos mediciones fue $r^2 = 0.7356$ (Figura 2), la cual se usó para estimar DA (DA_Est), cuando el dato de la densidad a 0.33 Bares estaba disponible.

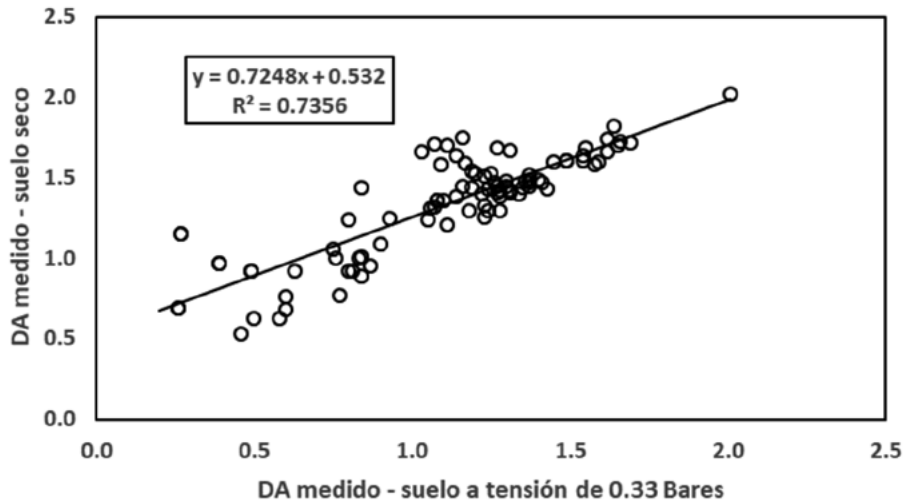


Figura 2. Relación entre la DA a una tensión de 0.33 Bares con la DA del suelo seco.

Para los casos con ausencia de datos de DA (suelo seco o a una tensión de 0.33 Bares), pero que contarán con datos de textura, la estimación se realizó de acuerdo con el método de Rawls (1983), el cual

presenta un gráfico para estimar DA en función de la textura del suelo. Posteriormente, Rawls *et al.* (2004) desarrollaron un método analítico para la estimación de la densidad aparente:

$$DA = 1.36411 + 0.185628(.0845397 + 0.701658w - 0.614038w^2 + 0.00991862y - 0.301816wy - 0.153337w^2y - 0.0722421y^2 + 0.392736wy^2 + 0.0886315y^3 + 0.601301z + 0.651673wz - 1.37484w^2z + 0.298823yz - 0.192686wyz + 0.0815752y^2z - 0.0450214z^2 - 0.179529wz^2 - 0.0797412yz^2 + 0.009422183z^3)$$

(1)

con:

$$\begin{aligned} x &= -1.2141 + 4.23123Are \\ y &= -1.70126 + 7.55319Arc \\ z &= -1.55601 + 0.507094MO \\ w &= -.0771892 + 0.256629x + 0.256704x^2 - 0.140911x^3 - 0.0237361y - 0.098737x^2y \\ &\quad - 0.140381y^2 + 0.0140902xy^2 + 0.0287001y^3 \end{aligned}$$

donde DA es densidad aparente ($Mg\ m^{-3}$), Are es arena ($g\ g^{-1}$), Arc es arcilla ($g\ g^{-1}$) y MO es materia orgánica (%).

Finalmente, si no había datos de textura y sólo se tenían datos de COS, se utilizó la relación de Adams (1973) para estimar la densidad aparente:

$$DA = \frac{100}{\frac{MO}{k1} + \frac{(100-MO)}{k2}} \quad (2)$$

Las constantes k1 y k2 usadas son promedio de las que se muestran en el Cuadro 1, que contiene una compilación de valores de estas constantes.

Cuadro 1. Constantes k1 y k2 de la relación de Adamas (1973).

k1	k2	Fuente
0.223	1.270	Adams, 1973 (0-75% MO)
0.207	1.330	Adams, 1973 (0-100% MO)
0.111	1.450	Federer <i>et al.</i> , 1993
0.155	1.930	Federer <i>et al.</i> , 1993; con datos de Curtis y Post, 1964
0.140	1.930	Federer <i>et al.</i> , 1993; con datos de Jeffrey, 1970
0.244	1.640	Post y Kwon, 2000
0.120	1.400	Tremblay <i>et al.</i> , 2002
0.159	1.561	Prevost, 2004
0.111	1.767	Périé y Ouimet, 2008
0.085	1.990	Morris <i>et al.</i> , 2016
0.1555	1.6268	Promedio

Estimación de variables de los perfiles de suelo a distintas profundidades

Con base en que los datos de los perfiles de suelo se definen en términos de horizontes, se utilizaron las variables de cada horizonte para estimar sus valores asociados a diferentes profundidades (10, 30 y 100 cm), mediante un promedio ponderado:

$$V_p = \frac{\sum_{i=1}^n (V_i)(h_i)}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (3)$$

donde V_p es la variable estimada a la profundidad p (cm), V_i es la variable en el horizonte i a una profundidad que intercepta la profundidad p y h_i es el espesor del horizonte i , $i = 1, 2, \dots, n$.

En el caso de perfiles con un solo horizonte, con una profundidad menor o mayor a p , sólo se consideró cuando éste fuera mayor o igual a $0.75p$ o, menor o igual a $1.25p$. Para horizontes con una profundidad mayor de p , en la relación (3) sólo se consideró la fracción h_i interceptada con la profundidad. Finalmente, si la profundidad máxima del perfil tenía una limitación (roca, regolita o cementante) antes de la profundidad p , se consideró el valor de la variable. En este caso la profundidad del suelo debe suponerse como una profundidad “efectiva”. La limitante de nivel freático no se consideró como una limitante real.

Documentación de la base de datos de los perfiles del suelo

El Cuadro 2 muestra la descripción de los campos de la base de datos de los perfiles de suelo (archivo BD_Perfiles_Suelo-V1.0.xls), en donde se muestran el tipo de variable y sus unidades/códigos. Cada perfil de suelo tiene un identificador único que puede asociarse con bases de datos complementarias o de localización geográfica.

En el caso de las densidades del COS (Mg C ha^{-1}), se estimaron a partir de (IPCC, 2003; Poeplau *et al.*, 2017):

$$COS = (DA)(p)(COSp) \left(1 - \frac{FG}{100}\right) \quad (4)$$

$$COS = (DA_{ff})(P)(COSp) \left(1 - \frac{FG_v}{100}\right) \quad (5)$$

donde el COS está en Mg C ha^{-1} , DA es la densidad aparente del suelo total (Mg m^{-3}), p es la profundidad del suelo (cm), FG es el porcentaje de la masa de fragmentos gruesos (> 2 mm) y $COSp$ es la concentración de carbono (%) de la fracción ≤ 2 mm del suelo (fracción fina). En la Ecuación (5), DA_{ff} se refiere a la densidad aparente de la fracción fina y FG_v al porcentaje en volumen de los fragmentos gruesos. En el caso del COS estimado, se usó la condición FG

= 0, dado que no hay información de esta variable y, la indirecta disponible se refiere a volumen y no a masa.

La determinación del COS se realizó por el método de Walkley-Black (Walkley y Black, 1934; Walkley, 1947) a partir de la materia orgánica del suelo (MOS). La conversión del COS mediante el MOS se hizo

con el factor de conversión de 0.58, que implica una recuperación del 76%, misma que ha sido verificada por Padilla *et al.* (2012) con autoanalizadores para la determinación del COS. La documentación de los análisis realizados a los suelos esta disponible en INEGI (2000a).

Cuadro 2. Documentación del archivo de la base de datos de perfiles del suelo.

Campo	Descripción	Tipo	Unidades / Código
ID_Perfil	Identificador del perfil, compuesto de Serie-Clave-Punto con Serie = A250, B1000, CCAP, DWRB y E050	Alfanumérico	No aplica
No_Horizonte	Número del horizonte de suelo, del más superficial al más profundo	Numérico	Número entero
Lim_Inf_Hor	Límite inferior del horizonte	Numérico	cm
Lim_Sup_Hor	Límite superior del horizonte	Numérico	cm
Profundidad	Profundidad máxima del perfil, no necesariamente coincide con la profundidad del horizonte más profundo	Numérico	cm
Limitante_Prof	Limitante encontrada a la profundidad máxima	Código	0 = Ninguna, 1 = Roca, 2 = Regolita, 3 = Cementante, 4 = Nivel freático
Arcilla	Arcilla en el suelo, método de Bouyoucos	Numérico	%
Limo	Limo en el suelo, método de Bouyoucos	Numérico	%
Arena	Arena en el suelo, método de Bouyoucos	Numérico	%
CO	Carbono orgánico, método de Walkley y Black	Numérico	%
DAP_0.33Bares	Densidad aparente del suelo a una tensión de 0.33 Bares	Numérico	Número real
DAP_Seco	Densidad aparente del suelo en estado aparentemente seco	Numérico	Número real
DAP_Adams	Densidad aparente estimada por el método de Adams	Numérico	Número real
DAP_Rawls	Densidad aparente estimada por el método de Rawls	Numérico	Número real
DAP_Est	Densidad aparente estimada usada en los cálculos	Numérico	Número real
COS_Est	Carbono orgánico del suelo estimado	Numérico	Número real
Esq_Gravas	Gravas (0.2 a 7.5 cm de diámetro), en volumen, en el horizonte de suelo	Código	0 = Nulo, 1 = < 5%, 2 = 5-15%, 3 = 15-40%, 4 = 40-80%, 5 = > 80%

Campo	Descripción	Tipo	Unidades / Código
Esq_Guijarros	Guijarros (7.6 a 25 cm de diámetro), en volumen, en el horizonte de suelo	Código	0 = Nulo, 1 = < 5%, 2 = 5-15%, 3 = 15-40%, 4 = 40-80%, 5 = > 80%
Esq_Piedras	Piedras (mayor a 25 cm de diámetro), en volumen, en el horizonte de suelo	Código	0 = Nulo, 1 = < 5%, 2 = 5-15%, 3 = 15-40%, 4 = 40-80%, 5 = > 80%
Raíces_Finas	Raíces finas (< 2mm de diámetro) en un área de 10 dm ² del horizonte	Código	Serie E050: 1 = menos de 20, 2 = 20-100, 3 = > 100; Serie S250: 1 = 3 o menos, 2 = 4-10, 3 = 10-100, 4 = > 100.
Raíces_Medias	Raíces medias (2-5 mm de diámetro) en un área de 10 dm ² del horizonte	Código	Serie E050: 1 = menos de 20, 2 = 20-100, 3 = > 100; Serie S250: 1 = 3 o menos, 2 = 4-10, 3 = 10-100, 4 = > 100.
Raíces_Gruesas	Raíces gruesas (> 5 mm de diámetro) en un área de 10 dm ² del horizonte	Código	Serie E050: 1 = menos de 20, 2 = 20-100, 3 = > 100; Serie S250: 1 = 3 o menos, 2 = 4-10, 3 = 10-100, 4 = > 100.
Color_Seco	Color del suelo seco, obtenido en comparación con tablas de Munsell	Código	Clave del color
Color_Humedo	Color del suelo húmedo, obtenido en comparación con tablas de Munsell	Código	Clave del color
CE	Conductividad eléctrica del suelo, método del puente e Wheatstone	Numérico	dS m ⁻¹
pH	pH del horizonte, método del potenciómetro, relación con agua 1:1	Numérico	Número real
CIC	Capacidad de intercambio catiónico, método acetato de amonio a pH 7	Numérico	meq (100 g) ⁻¹
Na	Sodio en el horizonte, método destilación de extractos y absorción atómica	Numérico	meq (100 g) ⁻¹
K	Potasio en el horizonte, método destilación de extractos y absorción atómica	Numérico	meq (100 g) ⁻¹
Ca	Calcio en el horizonte, método destilación de extractos y absorción atómica, volumétrico como alternativo	Numérico	meq (100 g) ⁻¹

Continuación Cuadro 2...

Campo	Descripción	Tipo	Unidades / Código
Mg	Magnesio en el horizonte, método destilación de extractos y absorción atómica, volumétrico como alternativo	Numérico	meq (100 g) ⁻¹
Fosforo	Fósforo en el horizonte, método Bray-Kurtz (suelos neutros y ácidos) y Olsen (suelos alcalinos)	Numérico	ppm
CaSO ₄	Sulfatos de calcio en el horizonte, incluye formas primarias y secundarios	Numérico	%
CaCO ₃	Carbonatos de calcio en el horizonte, incluye formas primarias y secundarios	Numérico	%

En el Cuadro 3 se muestra la documentación del archivo de metadatos de los perfiles de suelo (MD_Perfiles_Suelos-V1.0.xls), el cual tiene el campo del identificador único de los perfiles, por lo que puede ligarse a la base de datos de las mediciones de horizontes de los perfiles (Cuadro 2).

Cuadro 3. Documentación del archivo de metadatos de los perfiles de suelos.

Campo	Descripción	Tipo	Unidades / Código
ID_Perfil	Identificador del perfil, compuesto de Serie-Clave-Punto con Serie = A250, B1000, CCAP, DWRB y E050	Alfanumérico	No aplica
X_CCL	Coordenada X, proyección Cónica Conforme de Lambert, datum WGS85, estándar INEGI	Numérico	Número real
Y_CCL	Coordenada Y, proyección Cónica Conforme de Lambert, datum WGS85, estándar INEGI	Numérico	Número real
Periodo	Año del muestreo en campo	Numérico	Número entero
Mes	Mes del año de muestreo en campo	Numérico	Número entero
Clave_Veg	Clave de la vegetación/uso del suelo de INEGI	Alfabético	No aplica
Tipo_Veg	Tipo de vegetación / Uso del suelo del INEGI	Alfabético	No aplica
Sucesion	Sucesión del tipo de vegetación	Alfabético	Primaria y Secundaria o No aplica
Grupo_Veg	Grupo de vegetación / Agroecosistema / Rasgo del INEGI	Alfabético	No aplica

Campo	Descripción	Tipo	Unidades / Código
Formacion_Veg	Formación vegetal, descripción de la formación vegetal, cultivo o especie vegetal en el sitio. No necesariamente coincide con las clases de los mapas de uso del suelo y vegetación	Alfabético	No aplica
Especies	Especies dominantes en el sitio	Alfabético	No aplica
Pedregosidad	Fragmentos sólidos mayores a 2 cm de diámetro, sin llegar a constituir roca dura continua; estimado visualmente del área del sitio, aprox. 100 m ² ; aunque puede llegar a 2500 m ²	Código	Serie E050: 0 = < 2%, 1 = 2 a < 10%, 2 = 10 a < 25%, 3 = 25 a < 150%, 4 = 50 a < 90%, 5 = 90% o más; Otras Series: 0 = < 1%, 1 = 1 a < 15%, 2 = 15 a < 30%, 3 = 30 a < 60%, 4 = 60% o más
Afloramientos	Afloramientos rocosos; estimado visualmente del área del sitio, aprox. 100 m ² ; aunque puede llegar a 2500 m ²	Código	Serie E050: 0 = < 0.01%, 1 = 0.01 a < 0.1, 2 = 0.1 a < 3%, 3 = 3 a < 15%, 4 = 15 a < 90%, 5 = 90% o más; Otras Series: 0 = < 1%, 1 = 1 a < 15%, 2 = 15 a < 30%, 3 = 30 a < 60%, 4 = 60% o más
Clave_Erosion	Clase o tipo de erosión. En caso de asociaciones se anota en primer lugar la erosión más evidente.	Código	0 = Sin erosión evidente, 1 = Eólica, 2 = Hídrica laminar, 3 = Hídrica en surcos, 4 = Hídrica en cárcavas
Grado_Erosion	Grado de erosión. En caso de asociaciones se anota el grado de cada tipo de erosión consecutivamente. Se toma en cuenta la frecuencia de la forma erosiva, la profundidad y el impacto visual de la erosión.	Código	Serie E050: 1 = Leve, 2 = Moderada, 3 = Fuerte; Otras Series: 1 = Leve, 2 = Moderada, 3 = Fuerte, 4 = Muy fuerte
Area_Erosion	Estimación visual en que la erosión se presenta en el área de estudio. En la práctica es hasta donde la vista tiene percepción, teóricamente son 100 metros a la redonda. Los valores van de 5 a 100%.	Numérico	Número real

Continuación Cuadro 3...

Campo	Descripción	Tipo	Unidades / Código
FAO 68	Clasificación de la unidad de suelo de acuerdo a la leyenda de FAO/ UNESCO/ISRIC de 1968. El primer dígito corresponde a la clase o tipo de suelo y el segundo a la unidad completa de suelo. Consultar "Guía para Interpretación de la Carta Edafológica" del INEGI (2000b).	Código	A = Acrisol, B = Cambisol, C = Chernozem, E = Rendzina, G = Gleysol, H = Feozem, I = Litosol, J = Fluvisol, K = Castañozem, L = Luvisol, N = Nitosol, O = Histosol, Q = Arenosol, R = Regosol, S = Solonetz, T = Andosol, U = Ranker, V = Vertisol, W = Planosol, X = Xerosol, Y = Yermosol, Z = Solonchak

Base de datos de la profundidad de los suelos

El Cuadro 4 muestra la documentación del archivo (BD_Profundidad_Suelos-V1.0.csv) de las

profundidades de los perfiles de suelos (n = 39 120). La Figura 3 muestra los sitios de muestreo de perfiles de suelos con datos de profundidad.

Cuadro 4. Documentación del archivo de profundidades de los perfiles del suelo.

Campo	Descripción	Tipo	Unidades / Código
ID_Perfil	Identificador del perfil, compuesto de Serie-Clave-Punto con Serie = A250, B1000, CCAP, DWRB y E050	Alfanumérico	No aplica
X_CCL	Identificador del perfil, compuesto de Serie-Clave-Punto con Serie = A250, B1000, CCAP, DWRB y E050	Alfanumérico	No aplica
Y_CCL	Coordenada X, proyección Cónica Conforme de Lambert, datum WGS85, estándar INEGI	Numérico	Número real
Profundidad	Profundidad máxima del perfil, no necesariamente coincide con la profundidad del horizonte más profundo	Numérico	cm
Lim_Roca	Limitante de roca a la profundidad máxima	Código	0 = No, 1 = 1
Lim_Regolita	Limitante de regolita a la profundidad máxima	Código	0 = No, 1 = 1
Lim_Cementacion	Limitante de cementante a la profundidad máxima	Código	0 = No, 1 = 1
Lim_NF	Limitante de nivel freático a la profundidad máxima	Código	0 = No, 1 = 1

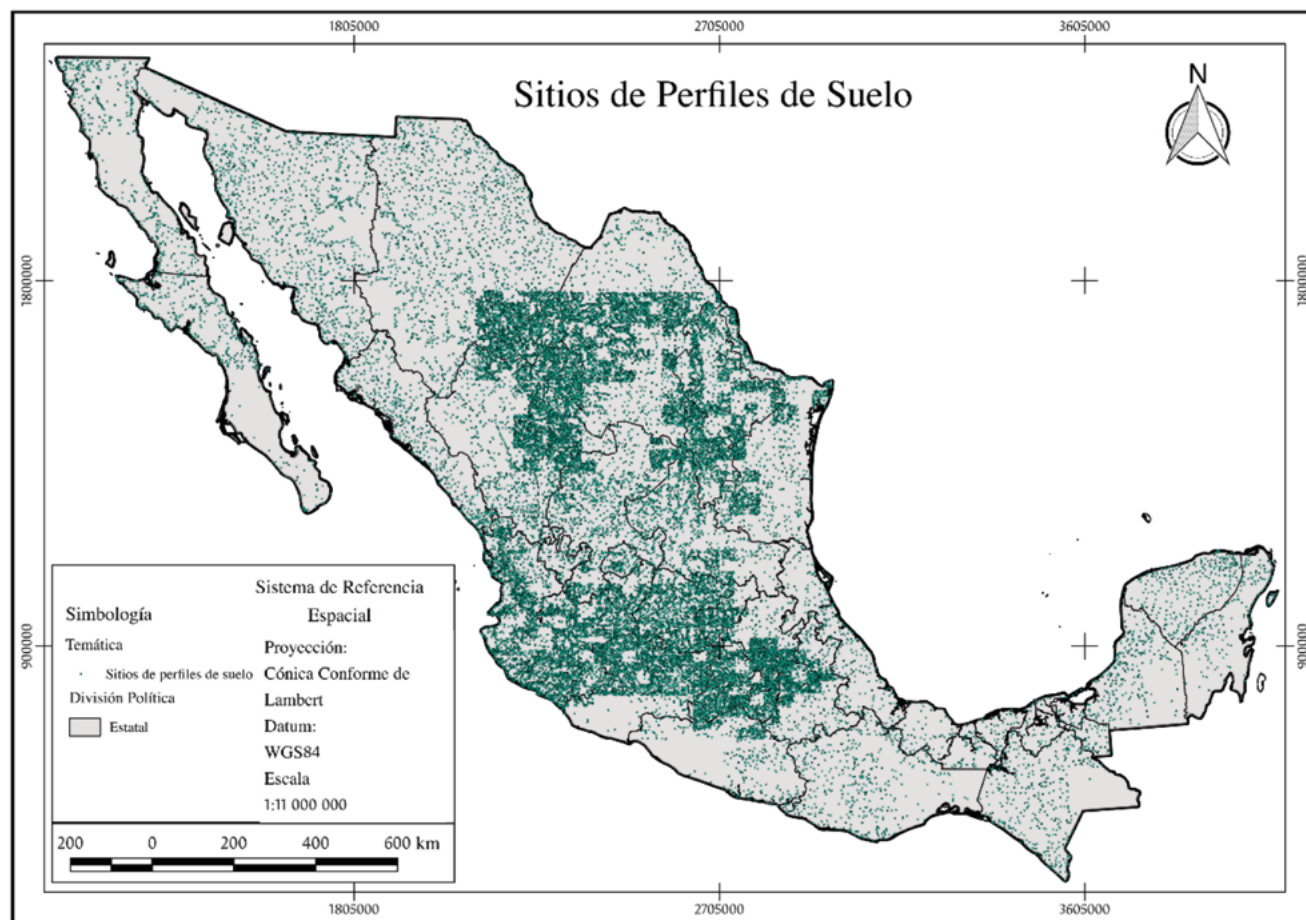


Figura 3. Localización geográfica de los sitios de perfiles de suelos con datos de profundidad.

RESULTADOS

El número de perfiles a los que se les identificó el tipo de suelo fueron 15 506. En el Cuadro 5 se muestra

el número de datos para diferentes características químicas de los tipos de suelo (Cuadro 2), estimadas a una profundidad de 30 cm, para los tipos de suelo del país (INEGI, 2000b).

Cuadro 5. Número de datos, por tipo de suelo, para las variables a la profundidad de 30 cm.

Tipo de Suelo	COS y DAP	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Acrisol	275	275	269	274	269	74	123	266	252	253	0	0
Cambisol	845	844	778	842	782	389	492	781	746	727	0	2
Chernozem	102	101	99	101	100	54	91	98	99	96	0	0
Rendzina	731	729	723	729	725	204	410	724	709	700	0	0
Gleysol	175	175	172	173	173	85	66	173	166	167	0	0
Feozem	2415	2403	2315	2401	2318	1079	1605	2307	2285	2168	0	2
Litosol	220	219	200	214	196	65	146	202	195	181	0	0
Fluvisol	383	383	353	381	352	160	237	348	329	303	0	0

Continuación Cuadro 5...

Tipo de Suelo	COS y DAP	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Castañozem	578	577	518	576	518	234	433	511	506	452	0	6
Luvisol	914	913	807	910	818	370	569	809	788	732	0	0
Nitrosol	23	23	23	23	23	6	16	23	23	21	0	0
Histosol	13	12	12	13	12	10	7	12	12	12	0	0
Arenosol	5	5	5	5	5	0	0	5	3	5	0	0
Regosol	1661	1659	1638	1657	1640	600	799	1614	1516	1525	0	1
Solonetz	63	63	62	62	62	54	55	62	61	51	0	0
Andosol	459	459	444	458	443	134	243	444	399	434	0	0
Ranker	27	27	25	27	25	4	10	24	21	23	0	0
Vertisol	1894	1893	1875	1891	1883	1231	1493	1880	1877	1774	0	1
Planosol	240	240	235	237	236	147	186	236	231	186	0	0
Xerosol	3122	3113	3012	3104	3016	1348	2586	2994	2960	2747	2	29
Yermosol	864	864	861	861	860	410	712	858	853	806	0	1
Solonchak	497	497	489	494	489	425	422	484	474	457	0	3

En el Cuadro 6 se muestran los datos para diferentes características químicas (Cuadro 2) para los tipos de uso del suelo y vegetación (USyV) del país (INEGI, 1997), estimadas a la profundidad de 30 cm (archivo BD_30cm.csv). El Cuadro 7 muestra esta misma información para la profundidad de 100 cm (archivo BD_100cm.csv).

En el caso del tipo de uso del suelo y vegetación, asignado en el archivo de metadatos, muestra que hay 5 943 perfiles que carecen de este dato (aproximadamente el 27%), por lo que el número de perfiles a profundidad de 30 cm, con datos del tipo de suelo y vegetación fue de 19 313 y, para la profundidad de 100 cm, de 15 989. A la profundidad de 10 cm (archivo BD_10cm.csv), el número de perfiles fue de 16 132.



Cuadro 6. Número de datos para los tipos de uso del suelo y vegetación (USyV), para las variables a la profundidad de 30 cm.

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/ DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Bosque cultivado	No Aplica	Agroecosistemas	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	0	0
Agricultura de humedad	No Aplica	Agroecosistemas	27	27	27	27	27	10	18	27	27	24	0	1
Pastizal cultivado	No Aplica	Agroecosistemas	492	483	467	490	476	187	261	472	465	449	0	16
Agricultura de riego	No Aplica	Agroecosistemas	1260	1257	1239	1256	1254	770	1014	1248	1241	1142	1	18
Agricultura de temporal	No Aplica	Agroecosistemas	3222	3205	3011	3199	3055	1404	2178	3020	2936	2729	1	33
Bosque de Oyamel	Primaria	Bosque de Coníferas	29	29	27	29	29	9	13	29	27	27	0	0
Bosque de Oyamel	Secundaria	Bosque de Coníferas	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	0	0
Bosque de Táscate	Primaria	Bosque de Coníferas	20	20	20	20	20	9	13	15	14	14	0	0
Bosque de Táscate	Secundaria	Bosque de Coníferas	6	6	5	6	6	1	4	5	6	5	0	0
Bosque de Pino	Primaria	Bosque de Coníferas	266	266	243	266	259	106	155	258	238	205	0	0
Bosque de Pino	Secundaria	Bosque de Coníferas	43	43	40	43	43	18	27	43	42	40	0	1
Bosque de Pino-Encino	Primaria	Bosque de Coníferas	505	505	435	503	462	160	263	451	433	402	0	1
Bosque de Pino-Encino	Secundaria	Bosque de Coníferas	69	69	59	69	69	30	40	69	65	52	0	0
Bosque de Ayarín	Primaria	Bosque de Coníferas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Bosque de Ayarín	Secundaria	Bosque de Coníferas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Bosque de Encino	Primaria	Bosque de Encino	310	310	295	310	301	130	180	300	291	267	0	2

Continuación Cuadro 6...

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/ DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Bosque de Encino	Secundaria	Bosque de Encino	169	169	159	167	167	79	113	165	154	152	0	1
Bosque de Encino-Pino	Primaria	Bosque de Encino	122	122	103	122	112	61	82	112	112	85	0	0
Bosque de Encino-Pino	Secundaria	Bosque de Encino	42	42	41	42	42	18	22	42	41	38	1	0
Bosque Mesófilo de Montaña	Primaria	Bosque Mesófilo de Montaña	37	37	33	37	37	13	17	36	34	32	0	0
Bosque Mesófilo de Montaña	Secundaria	Bosque Mesófilo de Montaña	12	12	12	12	12	6	6	12	12	11	0	0
Matorral Crasicaule	Primaria	Matorral Xerófilo	149	149	146	149	149	87	123	146	144	135	0	3
Matorral Crasicaule	Secundaria	Matorral Xerófilo	42	42	42	42	42	23	33	42	40	34	0	1
Matorral Desértico Micrófilo	Primaria	Matorral Xerófilo	1747	1742	1701	1740	1720	726	1357	1665	1677	1547	3	72
Matorral Desértico Micrófilo	Secundaria	Matorral Xerófilo	251	250	250	251	251	110	224	241	244	230	1	12
Matorral Desértico Rosetófilo	Primaria	Matorral Xerófilo	302	302	301	301	298	129	209	291	285	272	0	3
Matorral Desértico Rosetófilo	Secundaria	Matorral Xerófilo	19	19	19	19	19	5	12	19	16	16	0	0
Matorral Espinoso Tamaulipeco	Primaria	Matorral Xerófilo	338	338	334	338	338	144	240	334	330	316	0	12



Continuación Cuadro 6...

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/ DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Matorral Espinoso Tamaulipeco	Secundaria	Matorral Xerófilo	46	46	46	46	46	18	29	46	43	45	0	4
Mezquital Xerófilo	Primaria	Matorral Xerófilo	291	291	286	291	291	139	235	285	285	266	2	16
Mezquital Xerófilo	Secundaria	Matorral Xerófilo	42	42	41	42	42	19	33	42	41	38	0	1
Chaparral	Primaria	Matorral Xerófilo	107	106	106	106	106	26	41	97	95	91	0	0
Chaparral	Secundaria	Matorral Xerófilo	6	6	6	6	6	3	1	5	5	4	0	0
Matorral Rosetófilo Costero	Primaria	Matorral Xerófilo	16	16	14	16	16	9	9	16	16	11	0	0
Matorral Sarcocaule	Primaria	Matorral Xerófilo	132	132	129	132	132	83	97	125	129	125	0	8
Matorral Sarcocaule	Secundaria	Matorral Xerófilo	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	0	0
Matorral Sarcocasicaule	Primaria	Matorral Xerófilo	62	62	62	62	62	34	39	61	62	62	0	5
Matorral Submontano	Primaria	Matorral Xerófilo	225	224	223	224	224	98	136	222	215	211	0	3
Matorral Submontano	Secundaria	Matorral Xerófilo	73	73	73	73	73	28	46	73	72	72	0	2
Matorral Sarcocasicaule de Neblina	Primaria	Matorral Xerófilo	7	7	5	7	7	1	5	4	7	7	0	0
Vegetación de Desiertos Arenosos	Primaria	Matorral Xerófilo	66	64	60	66	66	27	46	59	62	55	0	2

Continuación Cuadro 6...

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/ DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Vegetación Halófila	Primaria	Matorral Xerófilo	295	295	290	293	293	245	256	288	288	271	1	5
Vegetación Halófila	Secundaria	Matorral Xerófilo	15	15	14	15	15	13	15	15	15	15	0	1
Vegetación Gipsófila	Primaria	Matorral Xerófilo	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	0	0
Desprovisto de vegetación	No Aplica	Otros Rasgos	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	0	1
Sin vegetación aparente	No Aplica	Otros Rasgos	65	65	65	65	65	54	49	59	55	50	0	0
Cuerpos de agua	No Aplica	Otros Rasgos	9	8	9	9	9	6	8	8	9	8	0	0
Zona urbana	No Aplica	Otros Rasgos	6	6	6	6	6	2	3	6	6	6	0	0
Bosque de Mezquite	Secundaria	Otros Tipos de Vegetación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Palmar Natural	Secundaria	Otros Tipos de Vegetación	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
Vegetación de Dunas Costeras	Primaria	Otros Tipos de Vegetación	12	12	12	12	12	4	3	11	9	11	0	0
Pastizal Halófilo	Primaria	Pastizal	171	171	171	171	171	127	158	170	163	157	1	5
Pastizal Halófilo	Secundaria	Pastizal	21	21	21	21	21	11	20	20	21	21	0	0
Pastizal Natural	Primaria	Pastizal	513	510	450	510	460	206	333	452	449	381	0	4
Pastizal Natural	Secundaria	Pastizal	186	186	181	185	184	82	144	174	173	158	0	3
Pastizal Gipsófilo	Primaria	Pastizal	31	31	27	31	31	15	24	31	26	30	0	0
Sabana	Primaria	Pastizal	30	30	29	30	30	10	8	30	24	29	0	1
Matorral Subtropical	Primaria	Selva Caducifolia	69	69	66	69	69	29	43	69	67	58	0	4
Matorral Subtropical	Secundaria	Selva Caducifolia	80	80	78	80	80	45	61	79	79	76	0	1



Continuación Cuadro 6...

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/ DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Selva Baja Caducifolia	Primaria	Selva Caducifolia	280	276	270	280	279	126	162	278	274	247	0	5
Selva Baja Caducifolia	Secundaria	Selva Caducifolia	341	339	333	341	341	130	170	340	328	317	0	5
Selva Mediana Caducifolia	Primaria	Selva Caducifolia	11	11	7	10	7	4	6	7	7	7	0	0
Selva Mediana Caducifolia	Secundaria	Selva Caducifolia	5	5	4	5	5	3	4	5	5	4	0	0
Selva Baja Espinosa Caducifolia	Primaria	Selva Espinosa	19	19	19	19	19	8	12	17	19	16	0	1
Selva Baja Espinosa Caducifolia	Secundaria	Selva Espinosa	20	20	20	20	20	17	13	19	20	11	0	1
Selva Baja Espinosa Subperennifolia	Secundaria	Selva Espinosa	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
Selva Alta Perennifolia	Primaria	Selva Perennifolia	26	26	25	26	26	11	12	25	25	24	0	0
Selva Alta Perennifolia	Secundaria	Selva Perennifolia	37	37	35	36	36	12	15	36	32	34	0	0
Selva Alta Subperennifolia	Secundaria	Selva Perennifolia	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	0	0
Selva Baja Perennifolia	Primaria	Selva Perennifolia	7	7	7	7	7	4	4	7	7	7	0	0
Selva Baja Perennifolia	Secundaria	Selva Perennifolia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Selva Baja Subperennifolia	Primaria	Selva Perennifolia	20	20	20	20	20	10	12	20	20	20	0	0

Continuación Cuadro 6...

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/ DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Selva Baja Subperennifolia	Secundaria	Selva Perennifolia	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	0	0
Selva Mediana Perennifolia	Primaria	Selva Perennifolia	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	0	0
Selva Mediana Perennifolia	Secundaria	Selva Perennifolia	3	3	1	3	3	0	0	3	3	3	0	0
Selva Mediana Subperennifolia	Primaria	Selva Perennifolia	52	49	51	52	52	28	38	51	52	47	0	7
Selva Mediana Subperennifolia	Secundaria	Selva Perennifolia	71	70	69	71	71	34	47	71	68	70	0	6
Selva Baja Subcaducifolia	Primaria	Selva Subcaducifolia	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	0	0
Selva Baja Subcaducifolia	Secundaria	Selva Subcaducifolia	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
Selva Mediana Subcaducifolia	Primaria	Selva Subcaducifolia	46	46	45	46	46	18	31	45	45	40	0	2
Selva Mediana Subcaducifolia	Secundaria	Selva Subcaducifolia	145	145	141	145	145	78	118	144	144	131	0	0
Bosque de Galería	Primaria	Vegetación Hidrófila	3	3	3	3	3	1	2	3	3	2	0	0
Popal	No Aplica	Vegetación Hidrófila	4	4	4	4	4	3	1	4	4	3	0	0
Vegetación de Galería	Primaria	Vegetación Hidrófila	14	14	14	14	14	5	11	14	11	14	0	0
Manglar	Primaria	Vegetación Hidrófila	31	30	25	27	27	23	17	27	27	24	0	4
Manglar	Secundaria	Vegetación Hidrófila	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Tular	No Aplica	Vegetación Hidrófila	16	16	15	16	16	12	6	16	16	16	0	1



Continuación Cuadro 6...

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/ DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Pastizal Inducido	No Aplica	Vegetación Inducida	870	867	814	869	838	391	535	824	797	755	0	3
Palmar Inducido	No Aplica	Vegetación Inducida	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	0	0
Sin dato	Sin dato	Sin dato	5193	4189	3938	4182	3951	1842	3003	3938	3883	3706	1	24

Cuadro 7. Número de datos, para los tipos de uso del suelo y vegetación (USyV), para las variables a la profundidad de 100 cm.

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Bosque cultivado	No Aplica	Agroecosistemas	5	5	5	5	5	0	1	4	4	4	0	0
Agricultura de humedad	No Aplica	Agroecosistemas	20	20	20	20	20	4	7	20	20	8	0	1
Pastizal cultivado	No Aplica	Agroecosistemas	411	402	386	411	397	88	97	389	369	160	0	16
Agricultura de riego	No Aplica	Agroecosistemas	990	986	965	985	984	513	610	976	966	364	1	15
Agricultura de temporal	No Aplica	Agroecosistemas	2679	2662	2506	2654	2551	666	1284	2515	2423	1372	1	29
Bosque de Oyamel	Primaria	Bosque de Coníferas	26	26	24	26	26	1	8	26	23	15	0	0
Bosque de Oyamel	Secundaria	Bosque de Coníferas	2	2	2	2	2	0	0	2	2	1	0	0
Bosque de Táscate	Primaria	Bosque de Coníferas	14	14	14	14	14	2	6	10	10	8	0	0
Bosque de Táscate	Secundaria	Bosque de Coníferas	5	5	4	5	5	0	2	4	5	4	0	0
Bosque de Pino	Primaria	Bosque de Coníferas	222	221	204	222	220	31	91	219	191	113	0	0
Bosque de Pino	Secundaria	Bosque de Coníferas	40	40	36	39	40	7	8	39	39	23	0	1

Continuación Cuadro 7...

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Bosque de Pino-Encino	Primaria	Bosque de Coníferas	376	375	323	375	352	24	136	341	326	208	0	1
Bosque de Pino-Encino	Secundaria	Bosque de Coníferas	61	61	50	61	61	5	19	59	54	30	0	0
Bosque de Ayarín	Primaria	Bosque de Coníferas	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
Bosque de Ayarín	Secundaria	Bosque de Coníferas	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0
Bosque de Encino	Primaria	Bosque de Encino	285	285	269	285	278	29	105	275	266	210	0	1
Bosque de Encino	Secundaria	Bosque de Encino	147	147	138	145	145	26	70	143	131	115	0	1
Bosque de Encino-Pino	Primaria	Bosque de Encino	104	104	92	104	101	12	49	101	99	64	0	0
Bosque de Encino-Pino	Secundaria	Bosque de Encino	36	36	35	36	36	5	8	36	35	31	1	0
Bosque Mesófilo de Montaña	Primaria	Bosque Mesófilo de Montaña	30	30	26	30	30	1	4	29	23	12	0	0
Bosque Mesófilo de Montaña	Secundaria	Bosque Mesófilo de Montaña	12	12	12	12	12	0	2	12	10	5	0	0
Matorral Crasicaule	Primaria	Matorral Xerófilo	142	142	138	142	142	53	99	138	136	97	0	3
Matorral Crasicaule	Secundaria	Matorral Xerófilo	40	40	40	40	40	7	25	40	38	30	0	0
Matorral Desértico Micrófilo	Primaria	Matorral Xerófilo	1492	1488	1456	1484	1470	451	915	1428	1427	782	2	66
Matorral Desértico Micrófilo	Secundaria	Matorral Xerófilo	211	210	210	211	211	76	159	202	204	91	0	10
Matorral Desértico Rosetófilo	Primaria	Matorral Xerófilo	255	255	254	254	253	63	126	244	236	190	0	3



Continuación Cuadro 7...

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Matorral Desértico Rosetófilo	Secundaria	Matorral Xerófilo	16	16	16	16	16	2	7	16	13	11	0	0
Matorral Espinoso Tamaulipeco	Primaria	Matorral Xerófilo	268	268	264	268	268	77	101	264	257	150	0	9
Matorral Espinoso Tamaulipeco	Secundaria	Matorral Xerófilo	38	38	38	38	38	7	13	38	34	24	0	3
Mezquital Xerófilo	Primaria	Matorral Xerófilo	222	222	215	222	222	73	121	215	216	76	2	12
Mezquital Xerófilo	Secundaria	Matorral Xerófilo	34	34	34	34	34	14	24	34	33	19	0	1
Chaparral	Primaria	Matorral Xerófilo	94	93	93	93	93	11	27	87	84	74	0	0
Chaparral	Secundaria	Matorral Xerófilo	3	3	3	3	3	2	0	2	2	1	0	0
Matorral Rosetófilo Costero	Primaria	Matorral Xerófilo	15	15	14	15	15	8	6	15	15	7	0	0
Matorral Rosetófilo Costero	Secundaria	Matorral Xerófilo	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
Matorral Sarcocaula	Primaria	Matorral Xerófilo	124	124	121	124	124	60	61	115	121	99	0	10
Matorral Sarcocaula	Secundaria	Matorral Xerófilo	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	0	0
Matorral Sarcocaula	Primaria	Matorral Xerófilo	57	57	57	57	57	28	30	56	57	43	0	6
Matorral Submontano	Primaria	Matorral Xerófilo	201	201	200	200	200	31	86	199	191	161	0	2
Matorral Submontano	Secundaria	Matorral Xerófilo	57	57	57	57	57	4	19	57	54	34	0	1

Continuación Cuadro 7...

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Matorral Sarcocasaule de Neblina	Primaria	Matorral Xerófilo	7	7	5	7	7	4	4	4	7	4	0	0
Vegetación de Desiertos Arenosos	Primaria	Matorral Xerófilo	51	49	48	51	51	20	13	45	48	9	0	3
Vegetación Halófila	Primaria	Matorral Xerófilo	242	242	240	240	241	191	162	236	231	83	1	5
Vegetación Halófila	Secundaria	Matorral Xerófilo	12	12	11	12	12	9	10	12	12	5	0	1
Vegetación Gipsófila	Primaria	Matorral Xerófilo	7	7	7	7	7	6	7	7	7	6	0	0
Desprovisto de vegetación	No Aplica	Otros Rasgos	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	0	1
Sin vegetación aparente	No Aplica	Otros Rasgos	49	49	49	49	49	33	29	44	40	17	0	0
Cuerpos de agua	No Aplica	Otros Rasgos	7	6	6	7	7	4	3	7	7	4	0	0
Zona urbana	No Aplica	Otros Rasgos	5	5	5	5	5	0	1	5	5	0	0	0
Bosque de Mezquite	Secundaria	Otros Tipos de Vegetación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Palmar Natural	Secundaria	Otros Tipos de Vegetación	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
Vegetación de Dunas Costeras	Primaria	Otros Tipos de Vegetación	11	10	11	11	11	1	1	8	8	4	0	0
Pastizal Halófilo	Primaria	Pastizal	145	145	145	144	145	106	110	144	135	44	1	4
Pastizal Halófilo	Secundaria	Pastizal	19	19	19	19	19	11	12	18	19	4	0	0
Pastizal Natural	Primaria	Pastizal	434	431	392	431	400	97	229	390	385	259	0	4
Pastizal Natural	Secundaria	Pastizal	154	154	149	154	152	38	102	143	142	97	0	2



Continuación Cuadro 7...

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Pastizal Gipsófilo	Primaria	Pastizal	27	27	22	27	27	11	17	27	24	19	0	0
Sabana	Primaria	Pastizal	23	23	22	23	23	7	2	23	16	10	0	1
Matorral Subtropical	Primaria	Selva Caducifolia	59	59	56	59	59	15	25	59	55	39	0	4
Matorral Subtropical	Secundaria	Selva Caducifolia	71	71	70	71	71	23	36	70	69	52	0	1
Selva Baja Caducifolia	Primaria	Selva Caducifolia	240	234	225	240	239	40	71	238	235	185	0	4
Selva Baja Caducifolia	Secundaria	Selva Caducifolia	314	312	306	314	314	41	77	312	298	251	0	5
Selva Mediana Caducifolia	Primaria	Selva Caducifolia	10	10	7	9	7	0	2	7	6	5	0	0
Selva Mediana Caducifolia	Secundaria	Selva Caducifolia	3	3	2	3	3	1	2	3	3	2	0	0
Selva Baja Espinosa Caducifolia	Primaria	Selva Espinosa	16	16	16	16	16	3	6	14	16	7	0	0
Selva Baja Espinosa Caducifolia	Secundaria	Selva Espinosa	15	15	15	15	15	12	7	14	15	7	0	1
Selva Alta Perennifolia	Primaria	Selva Perennifolia	22	22	21	22	22	4	6	21	20	16	0	0
Selva Alta Perennifolia	Secundaria	Selva Perennifolia	35	35	33	34	34	2	6	31	27	19	0	0
Selva Alta Subperennifolia	Secundaria	Selva Perennifolia	2	2	2	2	2	0	1	2	2	1	0	0
Selva Baja Perennifolia	Primaria	Selva Perennifolia	6	6	6	6	6	4	1	6	6	0	0	0
Selva Baja Perennifolia	Secundaria	Selva Perennifolia	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0

Continuación Cuadro 7...

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Selva Baja Subperennifolia	Primaria	Selva Perennifolia	19	19	19	19	19	8	4	19	19	5	0	0
Selva Baja Subperennifolia	Secundaria	Selva Perennifolia	2	2	2	2	2	0	1	2	2	1	0	0
Selva Mediana Perennifolia	Primaria	Selva Perennifolia	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
Selva Mediana Perennifolia	Secundaria	Selva Perennifolia	3	3	1	3	3	0	0	2	3	3	0	0
Selva Mediana Subperennifolia	Primaria	Selva Perennifolia	49	46	48	49	49	19	31	48	49	33	0	7
Selva Mediana Subperennifolia	Secundaria	Selva Perennifolia	65	63	62	65	65	17	31	65	62	44	0	4
Selva Baja Subcaducifolia	Primaria	Selva Subcaducifolia	5	5	5	5	5	4	2	3	5	4	0	0
Selva Baja Subcaducifolia	Secundaria	Selva Subcaducifolia	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0
Selva Mediana Subcaducifolia	Primaria	Selva Subcaducifolia	40	40	37	40	40	2	10	39	37	25	0	0
Selva Mediana Subcaducifolia	Secundaria	Selva Subcaducifolia	136	136	130	136	136	46	77	135	135	98	0	0
Bosque de Galería	Primaria	Vegetación Hidrófila	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0	0	0
Popal	No Aplica	Vegetación Hidrófila	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	0	0
Vegetación de Galería	Primaria	Vegetación Hidrófila	13	13	13	13	13	4	10	13	10	7	0	0
Manglar	Primaria	Vegetación Hidrófila	21	19	16	21	18	13	6	18	16	7	0	4
Manglar	Secundaria	Vegetación Hidrófila	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0



Continuación Cuadro 7...

Tipo USyV	Sucesión	Grupo USyV	COS/DA	Textura	CE	pH	CIC	Na	K	Ca	Mg	Fósforo	CaSO ₄	CaCO ₃
Tular	No Aplica	Vegetación Hidrófila	9	9	8	9	9	5	1	9	9	1	0	1
Pastizal Inducido	No Aplica	Vegetación Inducida	733	730	694	731	715	171	303	705	673	489	0	3
Palmar Inducido	No Aplica	Vegetación Inducida	3	3	3	3	3	0	0	3	3	2	0	0
Sin dato	Sin dato	Sin dato	4153	3384	3205	3373	3219	910	1664	3202	3127	1828	0	21

COMENTARIOS FINALES

Las bases de datos de perfiles de suelos documentadas en este trabajo, permiten realizar diferentes aproximaciones a las estimaciones de inventarios del carbono orgánico de los suelos de México, lo transparenta el proceso de estimación.

Los datos de los perfiles de suelo carecen de información (densidad aparente y porcentaje de fragmentos gruesos en masa) necesaria para calcular la densidad del carbono orgánico de los suelos, por lo que es necesario realizar aproximaciones indirectas, con las incertidumbres asociadas, para estimar estas variables. La evaluación de la densidad aparente debe ser una tarea obligada en futuras mediciones de datos de carbono de los suelos de México.

BASE DE DATOS

En seguimiento a la política del Programa Mexicano del Carbono de libre acceso a las bases de datos asociadas al ciclo del carbono y sus interacciones, así como en soporte de las síntesis nacionales del ciclo del carbono en ecosistemas terrestres y acuáticos, la base de datos de este trabajo está disponible en http://pmcarbono.org/pmc/bases_datos/.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al INEGI las facilidades para generar la base de datos de perfiles de suelos y al Técnico Carlos Omar Cruz Gaistardo su apoyo en la coordinación de los trabajos de digitalización, trabajo financiado por el PMC.

LITERATURA CITADA

- Adams, W. A. 1973. The effect of organic matter on the bulk and true densities of some uncultivated podzolic soils. *Journal of Soil Science* 24:10-17.
- Brady, N. C. and R. Weil. 2002. *The Nature and Properties of Soils*. Prentice Hall. USA.
- Carré, F., R. Hiederer, V. Blujdea and R. Koeble. 2010. Background guide for the calculation of land carbon stocks in the biofuel's sustainability scheme drawing on the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. EUR 24573 EN. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg 109 p.
- Covalada, S., F. Paz y A. Ranero. 2016. Carbono edáfico en Chiapas: planteamiento de políticas públicas de mitigación de emisiones. *Terra Latinoamericana* 34:97-112.

- Covaleda, S., F. Paz y A. Ranero. 2018. Escenarios de mitigación de emisiones para el sector rural del Estado de Chiapas utilizando modelos de estados y transiciones. *Madera y Bosques* DOI:10.21829/myb.2018.2401897.
- Curtis, R. O. and B. W. Post. 1964. Estimating bulk density from organic matter content in some Vermont forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28:285-286.
- FAO and ITPS. 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.
- Federer, C. A., D. E. Turcotte and C. T. Smith. 1993. The organic fraction – bulk density relationship and the expression of nutrient content in forest soils. *Can. J. For. Res.* 23:1026-1032.
- Hiederer, R. and M. Köchy. 2011. Global soil organic carbon estimates of the harmonized world soil database. EUR 25225 En Publication Office of the European Union. Luxembourg 79 p.
- INEGI. 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, México. 56 p.
- INEGI. 1998. Información nacional sobre perfiles de suelo Versión 1.0. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- INEGI. 2000a. Los análisis físicos y químicos en la cartografía edafológica del INEGI. Guía normativa-metodológica. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 37 p.
- INEGI. 2000b. Guía para la interpretación de la carta edafológica, 1:250 000, Serie I. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- INEGI. 2004. Información nacional sobre perfiles de suelo Versión 1.2. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner (eds.). Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC.
- IPCC. 2006. Agriculture, forestry and other land use IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston H. S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (eds.). Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Institute for Global Environmental Strategies. Hayama, Japan.
- Jeffrey, D. W. 1970. A note on the use of ignition loss as a means for the approximate estimation of soil bulk density. *J. Ecol.* 58:297-299.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123:1-22.
- Morris, J. T., D. C. Barber, J. C. Callaway, R. Chambers, S. C. Hagen, C. S. Hopkinson, B. J. Johnson, P. Megonigal, S. C. Neubauer, T. Troxler and C. Wigand. 2016. Contributions of organic and inorganic matter to sediment volume and accretion in tidal wetlands at steady state. *Earth's Future* 4:110-121.
- Padilla, J., J. D. Etchevers, R. C. Gomora, C. I. Hidalgo, M. Carrasco y V. Saynes. 2012. Relación entre los métodos TOC, LOI, Walkley-Black y NIR para determinar carbono en suelos. pp. 187-194. En: F. Paz y Cuevas R. (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., J. Argumedo, C. O. Cruz, J. D. Etchevers 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.
- Périé, C. and R. Ouimet. 2008. Organic carbon, organic matter and bulk density relationships in boreal forest soils. *Can. J. Soil Sci.* 88:315-325.
- Prévost, M. 2004. Predicting soil properties from organic matter content following mechanical site preparation of forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:943-949.
- Post, W. M. and K. C. Kwon. 2000. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Bio.* 6:317-327.
- Rawls, W. A. 1983 Estimating soil bulk density from particle size analysis and organic matter content. *Soil Science* 135:123-125.
- Rawls, W. A., A. Nemes and Y. A. Pachepsky. 2004. Effect of soil organic carbon on soil hydraulic properties. *Development in Soil Science* 30:95-114.
- Poeplau, C., C. Vos and A. Don. 2017. Soil organic carbon stocks are systematically overestimated by misuse of the parameters bulk density and rock fragment content. *Soil* 3:61-66.
- Rytter, R. M. 2012. Stone and gravel contents of arable soils influence estimates of C and N stocks. *Catena* 95:153-159.
- 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 Management* 5:81-91.
- Thropp, M. L., S. R. Archer, H. C. Monger and S. Waltman. 2012. When bulk density methods matter: implications for estimating soil organic carbon pools in rocky soils. *Journal of Arid Environment* 77:66-71.
- Todd-Brown, K. E. O., J. T. Randerson, W. M. Post, F. M. Hoffman, C. Tarnocai, E. A. G. Schuur and S. D. Allison. 2013. Causes of variation in soil organic simulations from CMIP 5 earth system models and comparison with observations. *Biogeosciences* 10:1717-1736.
- Tremblay, S. R. Ouimet and D. Hoole. 2002. Prediction of organic matter content in upland forest soils of Quebec, Canada. *Can. J. For. Res.* 32:1-12.

Walkley, A. 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils – effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science* 37:29-38.

Walkley, A. and A. I. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37:29-38.