

Inventario carbono orgánico en los suelos de México: segunda aproximación

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

INTRODUCCION

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 2002. 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*”.

Esta segunda aproximación mejora el ejercicio previo, ya que incorpora información no considerada anteriormente y define relaciones edafológicas específicas para el caso de México. Adicionalmente se realiza una discusión de los problemas encontrados en el proceso de la información y se definen estrategias para corregirlos.

BASES DE DATOS UTILIZADAS

La base de datos de carbono orgánico de los suelos (COS) del territorio mexicano generada en el presente estudio recopiló valores publicados, y próximos a publicar, del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2004) correspondiente principalmente al año 1990. Por otra parte, también se recabó información publicada por SEMARNAT-CP (2001-2002), que correspondió principalmente al periodo 2003. Las fechas de muestreo de los puntos indicados corresponden a diferentes campañas de muestreo del INEGI y de estudios SEMARNAT-CP. Considerando que los valores de carbono orgánico no varían grandemente en el corto plazo, se les asignó genéricamente la etiqueta año 1993 a la mayoría de los proporcionados por INEGI y año 2002 a los correspondientes al SEMARNAT-CP, más un grupo pequeño de datos recientes de INEGI que no han sido aún publicados por éste Instituto.

La suma total de sitios considerados en este inventario alcanzó los 13,332, de los cuáles los agrupados en el año base 1993 fueron 8,664 y 4,668, los del año base 2002. En la Figura 1 se indica la ubicación espacial de los sitios de muestreo para los 2 años.

En la primera aproximación que fue incluida en el informe para el PNUD, sólo se utilizó la información de 1993. En el presente estudio se mejoran las estimaciones

de carbono, al incluir los datos disponibles correspondiente al año base 2002, después de su proceso para adecuarlos al formato establecido para el año base de 1993.

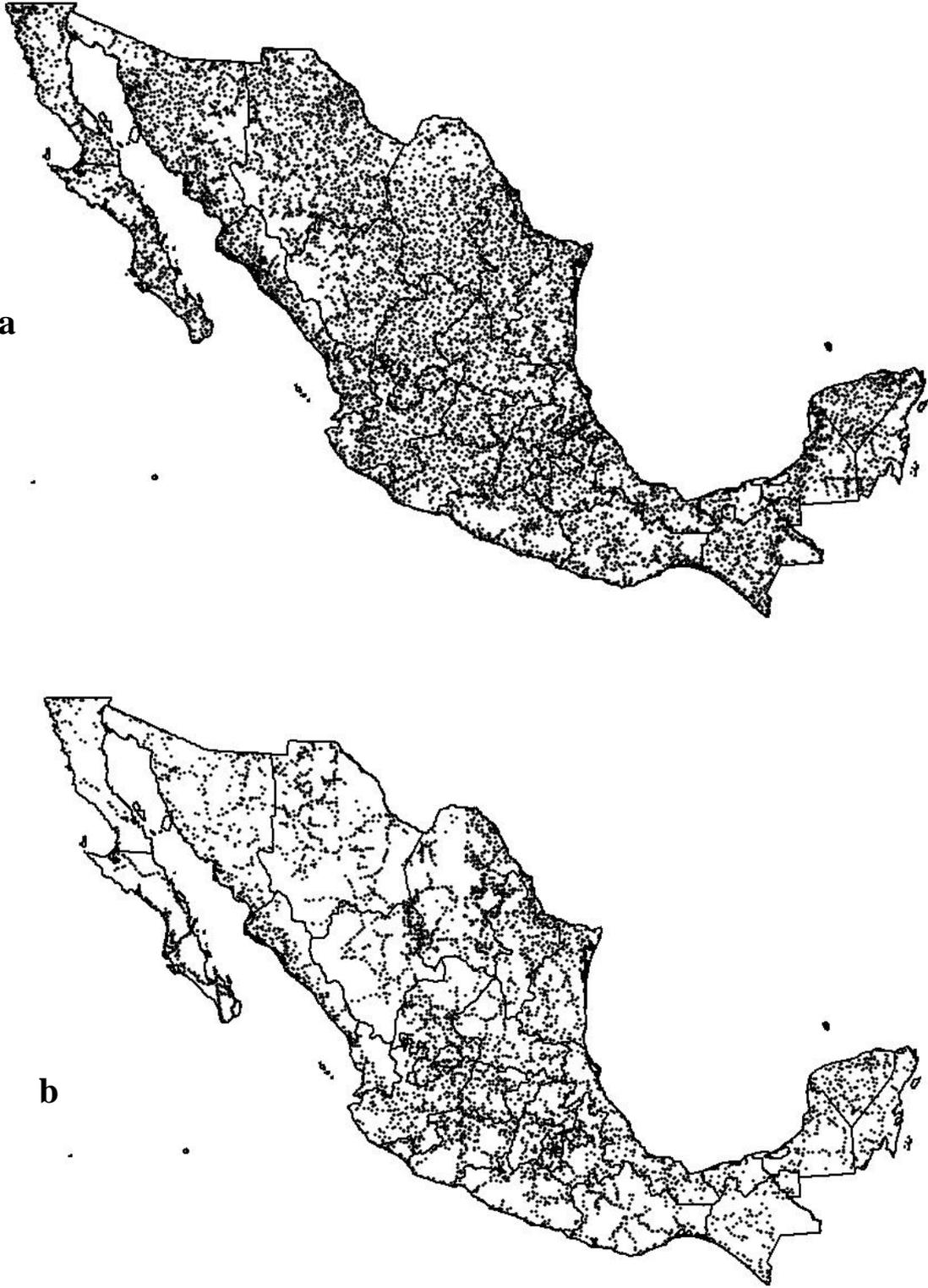


Figura 1. Distribución de los sitios de muestreo para los años base 1993 (a) y 2002 (b).

Como se aprecia en la Figura 1, la densidad de puntos en el año base 1993 es más alta que la registrada para el año 2002. Esta situación no significa una baja representatividad del muestreo ya que afortunadamente la cobertura espacial es muy uniforme sobre la superficie nacional.

PROCESO DE LA INFORMACION PARA SU HOMOGENEIZACION

La base de datos de SEMARNAT-CP (2001-2002) sólo cuenta con información del COS (materia orgánica, MO, en %) hasta la profundidad de 20 cm., por lo que fue necesario realizar un proceso de restitución de información a la profundidad de 30 cm. Para esto se utilizaron 4,248 perfiles de suelo de INEGI (2004) para definir relaciones entre ambas profundidades, usando los tipos/subtipos de suelos como criterio de homogeneidad del COS. El Cuadro 1 muestra las relaciones encontradas para todos los tipos/subtipos disponibles (-999 significa dato faltante o no posible de estimar). La relación de restitución fue:

$$MO_{30cm} = a + bMO_{20cm} \quad (1)$$

En el caso de que algún tipo/subtipo de suelo no tuviera una relación, el procedimiento consistió en el uso de una relación general construida utilizando toda la base de datos (ver último renglón del Cuadro 1).

Cuadro 1. Relaciones de restitución de profundidades

Tipo/Subtipo (FAO 68)	No. de datos	a	b	r ²
Ag	1	0	0.7654321	-999
Ah	45	3.12E-02	0.840098	0.9749569
Ao	47	0.1042274	0.7562001	0.943229
Ap	13	6.98E-02	0.8194005	0.9632183
Bc	50	-3.09E-02	0.881127	0.9816524
Bd	23	1.42E-02	0.8642111	0.9598889
Be	59	8.77E-02	0.7765349	0.971064
Bf	9	1.10E-02	0.8611172	0.9719055
Bg	4	8.36E-03	0.8546795	0.9828107
Bh	33	0.3671289	0.7618792	0.970495
Bk	24	1.46E-02	0.8687401	0.9914783
Bv	5	6.77E-03	0.9574441	0.9968856
Ch	1	0	0.9096045	-999
Ck	16	0.1991269	0.7917686	0.9475724
Cl	16	-5.30E-03	0.973407	0.9753599
E	394	4.63E-02	0.9836094	0.9913756
Gc	8	0.0312112	0.8103212	0.9022008
Gd	1	0	0.8564593	-999
Ge	23	0.1303232	0.7587614	0.973204
Gh	4	0.2172041	0.7164162	0.9998435
Gm	14	-0.0424983	0.8932154	0.9768493
Gp	9	0.1721735	0.7329534	0.9428563
Gv	62	0.1778391	0.7664701	0.9521211

Hc	62	9.86E-02	0.890681	0.9594433
Hg	2	0	0.9108528	-999
Hh	403	0.0116908	0.9434193	0.9737536
Hi	44	9.56E-02	0.8722964	0.9702702
I	71	-2.21E-04	1.000022	1
Jc	37	6.27E-02	0.8275518	0.9610409
Je	48	-1.56E-02	0.9645062	0.9853284
Jg	2	0	0.8831169	-999
Kh	20	0.1127986	0.8820983	0.9943939
Kk	59	-4.60E-02	0.9745073	0.9909132
Kl	29	-1.36E-02	0.9729479	0.9902524
l	1	0	1	-999
Lc	133	2.87E-02	0.8510664	0.9731118
Lf	16	3.85E-02	0.8092231	0.9909387
Lg	5	0.0715418	0.7939788	0.9953619
Lk	3	0.3800517	0.6797575	0.8850635
Lo	35	0.1167083	0.76982	0.9708685
Lp	10	0.3285343	0.7368578	0.9838176
Lv	13	0.2119521	0.7066373	0.976067
Nd	4	5.54E-02	0.8516741	0.9975527
Ne	10	-0.1402124	0.8854255	0.9704852
Oe	3	-3.58787	1.120817	0.9613144
Qc	4	7.71E-02	0.6808037	0.9984228
Ql	1	0	0.8849558	-999
Rc	243	2.08E-02	0.9282776	0.9851198
Rd	34	0.1209685	0.8732807	0.9484579
Re	537	-9.65E-03	0.9769237	0.9867678
Sa	9	6.21E-02	0.7497181	0.9502738
Sg	8	2.97E-02	0.8298335	0.9961478
Sm	1	0	0.8222222	-999
So	21	5.70E-02	0.7739068	0.9402189
Th	34	-3.28E-04	0.9684857	0.9930869
Tm	1	0	1	-999
To	22	0.4372448	0.6783049	0.9519798
Tv	1	0	0.8921933	-999
U	16	-4.18E-02	1.013575	0.9972485
Vc	264	2.17E-02	0.9252627	0.9802962
Vp	226	4.65E-02	0.9105065	0.9711927
Wd	1	0	0.7064676	-999
We	44	3.56E-02	0.8151824	0.9535316
Wh	1	0	0.9090909	-999
Wm	20	2.45E-02	0.8560648	0.9082867
Ws	15	8.10E-02	0.7338074	0.9345546
Xg	12	0.1346159	0.7080131	0.9497882
Xh	172	1.98E-04	0.9564602	0.9491022
Xk	145	8.89E-03	0.9177855	0.9601966
Xl	126	3.57E-02	0.884824	0.9707876
Yg	5	-2.52E-02	1.00934	0.9517597
Yh	108	1.57E-02	0.9003646	0.9666712
Yk	77	6.33E-03	0.9388506	0.9635857
Yl	45	1.96E-02	0.8770319	0.9545888
Yt	4	3.44E-02	0.8288006	0.9945609

H	1.46	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.46
J	1.4	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.4
Jt	1.07	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.07
K	1.55	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.55
L	1.54	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.54
La	1.62	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.62
M	1.5	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.5
Mg	1.5	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.5
Mo	1.5	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.5
N	1.43	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.43
O	0.31	-999	-999	-999	-999	-999	0	0.31
Od	0.31	-999	-999	-999	-999	-999	0	0.31
Ox	0.31	-999	-999	-999	-999	-999	0	0.31
P	1.32	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.32
Pf	1.32	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.32
Pg	1.28	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.28
Ph	1.35	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.35
Pl	1.36	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.36
Po	1.33	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.33
Pp	1.27	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.27
Q	1.61	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.61
Qa	1.59	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.59
Qf	1.63	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.63
Ql	1.58	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.58
R	1.51	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.51
Rx	1.51	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.51
S	1.64	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.64
Sm	1.68	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.68
T	0.73	-999	-999	-999	-999	-999	0	0.73
Tv	0.8	-999	-999	-999	-999	-999	0	0.8
V	1.67	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.67
W	1.57	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.57
Wd	1.28	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.28
Wx	1.57	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.57
X	1.49	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.49
Xy	1.39	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.39
Y	1.51	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.51
Yt	1.51	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.51
Yy	1.18	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.18
Z	1.48	-999	-999	-999	-999	-999	0	1.48
Hg	1.45	0	-999	-999	-999	-999	0	1.45
Jd	1.36	0	-999	-999	-999	-999	0	1.36
Zt	1.48	0	-999	-999	-999	-999	0	1.48
Bg	1.5	1	1.46	1.46	1.46	0	0	1.5
Ch	1.42	1	1.81	1.81	1.81	0	0	1.42
Gc	1.65	1	1.37	1.37	1.37	0	0	1.65
Nd	1.42	1	1.34	1.34	1.34	0	0	1.42
Nh	1.27	1	1.52	1.52	1.52	0	0	1.27
Oe	0.33	1	1.35	1.35	1.35	0	0	0.33
Sg	1.72	1	1.62	1.62	1.62	0	0	1.72
So	1.63	1	1.49	1.49	1.49	0	0	1.63
U	1.48	1	1.01	1.01	1.01	0	0	1.48

Wh	1.62	1	1.29	1.29	1.29	0	0	1.62
Ws	1.72	1	1.45	1.45	1.45	0	0	1.72
Ap	1.53	2	1.31	1.38	1.345	0.0494944	0	1.53
Gp	1.03	2	1.61	1.64	1.625	2.12E-02	0	1.03
Kh	1.79	2	1.42	1.74	1.58	0.2262745	0	1.79
Lp	1.66	2	1.32	1.89	1.605	0.4030511	0	1.66
Lv	1.5	2	1.52	1.66	1.59	9.90E-02	0	1.5
Tm	0.73	2	1.34	1.59	1.465	0.176776	0	0.73
Bh	1.15	3	1.31	1.61	1.436667	0.1553489	1	1.436667
Ck	1.37	3	1.46	1.65	1.54	9.85E-02	1	1.54
Cl	1.65	3	1.45	1.63	1.556667	9.45E-02	1	1.556667
Jc	1.45	3	1.57	1.77	1.653333	0.1040839	1	1.653333
Lg	1.48	3	1.32	1.75	1.51	0.219317	1	1.51
Zm	1.27	3	1.37	1.64	1.51	0.1352793	1	1.51
Gm	1.44	4	1.1	1.68	1.49	0.2634388	1	1.49
Lk	1.57	4	1.3	1.78	1.5775	0.2040237	1	1.5775
Ne	1.49	4	1.17	1.6	1.32	0.1909631	1	1.32
Yl	1.6	4	1.14	1.67	1.515	0.2517277	1	1.515
Bf	1.28	5	1.24	1.56	1.456	0.1258173	1	1.456
Ge	1.43	5	1.25	1.77	1.528	0.225211	1	1.528
Qc	1.62	5	1.41	1.6	1.502	0.0672332	1	1.502
Yk	1.49	5	1.38	1.82	1.658	0.1808868	1	1.658
Zg	1.47	5	1.41	1.73	1.542	0.1211189	1	1.542
Bv	1.41	6	1.44	1.82	1.575	0.158712	1	1.575
Lf	1.55	6	1.06	1.82	1.41	0.2513165	1	1.41
Bd	1.27	7	1.41	1.82	1.592857	0.157133	1	1.592857
Bk	1.45	10	1.16	1.78	1.452	0.1669864	1	1.452
Kk	1.41	10	1.04	1.84	1.491	0.2632473	1	1.491
Rd	1.51	12	1.31	1.89	1.5075	0.1834577	1	1.5075
Wm	1.42	13	1.2	1.81	1.446923	0.1420309	1	1.446923
Kl	1.55	14	1.28	1.75	1.534286	0.1459559	1	1.534286
Zo	1.49	16	1.02	1.93	1.574375	0.2408299	1	1.574375
Lo	1.55	17	1.08	1.76	1.424706	0.1751827	1	1.424706
Xk	1.43	17	1.15	1.86	1.538235	0.1631045	1	1.538235
Xl	1.53	17	1.35	1.77	1.553529	0.1058844	1	1.553529
Yh	1.54	20	1.24	1.82	1.553	0.1644175	1	1.553
Ah	1.32	21	1.15	1.68	1.419047	0.1494641	1	1.419047
Th	0.7	21	1.01	1.73	1.162381	0.182534	1	1.162381
Bc	1.33	23	1.02	1.79	1.413478	0.2350549	1	1.413478
Ao	1.38	25	1.03	1.83	1.4312	0.1811169	1	1.4312
We	1.51	25	1.23	1.9	1.5192	0.1727683	1	1.5192
Hc	1.49	26	1.05	1.82	1.486923	0.197296	1	1.486923
Je	1.42	27	1.13	1.99	1.556667	0.1845991	1	1.556667
Hl	1.48	31	1.06	1.81	1.469355	0.1951032	1	1.469355
To	0.79	33	1.01	1.74	1.271818	0.2232228	1	1.271818
Be	1.45	34	1.11	1.81	1.494706	0.178109	1	1.494706
Xh	1.52	69	1.17	1.85	1.578116	0.1577269	1	1.578116
Rc	1.46	73	1.08	1.86	1.571918	0.1731485	1	1.571918
Lc	1.53	75	1.01	1.84	1.4628	0.1874176	1	1.4628
Vc	1.71	106	1.07	1.89	1.613962	0.1506276	1	1.613962
Re	1.56	132	1.07	1.94	1.543939	0.1644785	1	1.543939
E	1.34	171	1.01	1.88	1.477076	0.216129	1	1.477076

I	1.42	185	1.02	1.9	1.501405	0.1934499	1	1.501405
Hh	1.43	221	1.01	1.89	1.517511	0.1792247	1	1.517511
Vp	1.59	225	1.1	1.98	1.601422	0.1693294	1	1.601422

La Figura 2 muestra un gráfico de análisis de congruencia entre los valores propuesto por Batjes (1997) y los estimados. Los valores sombreados en amarillo en el Cuadro 2 indican que el valor de Batjes está fuera del rango estimado con la base de 2002 (10 datos). En esta aproximación se decidió utilizar los valores estimados, aún cuando estuvieran alejados del valor definido por Batjes (1997).

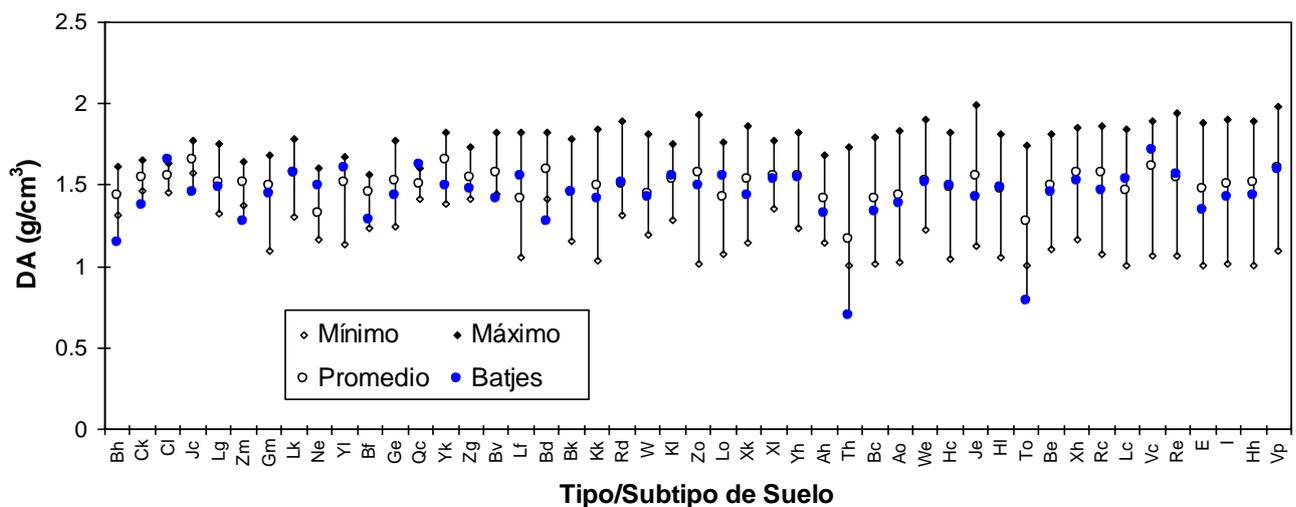


Figura 2. Análisis de congruencias entre las DA estimadas y las propuestas por Batjes (1997)

Con los procesos discutidos se logró que las dos bases de datos contaran con la información requerida para la realización de inventarios de suelos para los años bases disponibles.

Con relación a los valores de MO (%) de las bases de datos, se procedió a un análisis de discriminación. Los valores seleccionados fueron validados mediante un análisis de congruencia entre los valores reportados por los levantamientos de campo de INEGI y criterios edafológicos, climáticos y de vegetación. Así, cada valor de carbono fue validado al analizar su ubicación dentro de las capas vectoriales contenidas en (Figura 3):

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

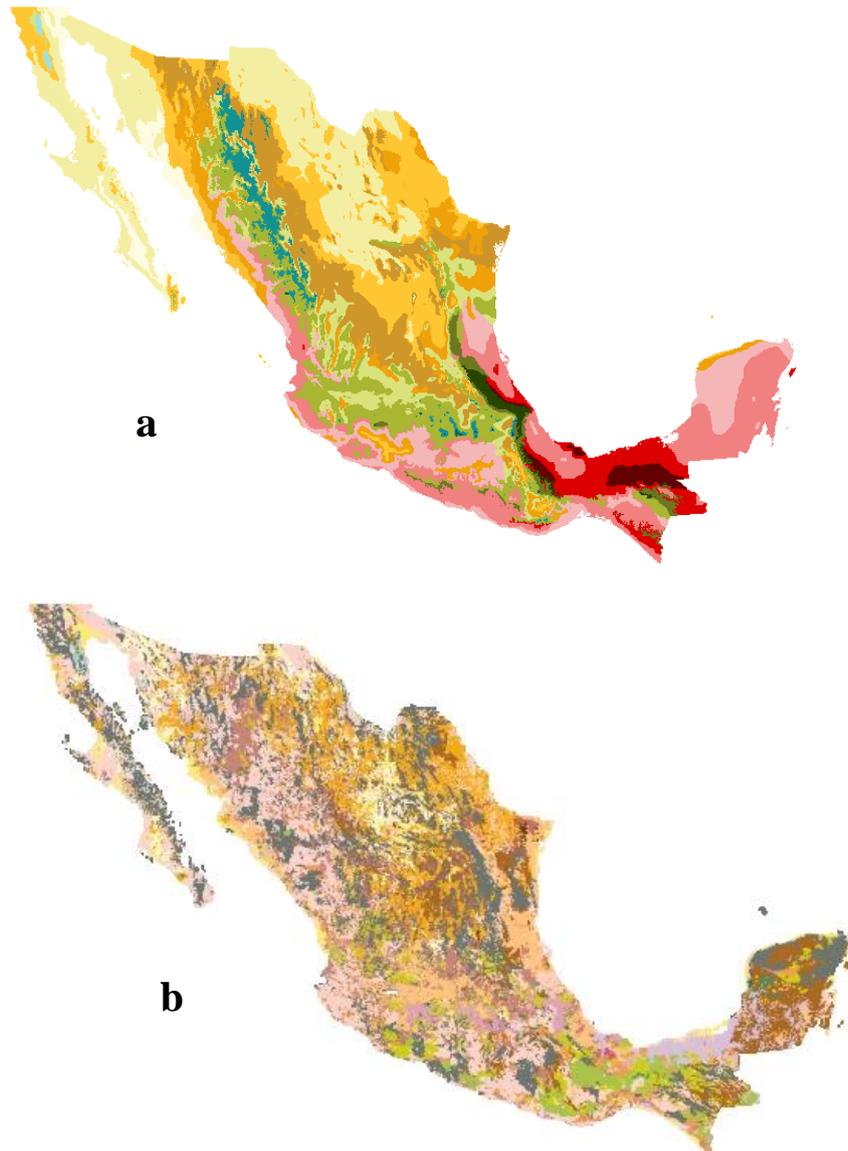


Figura 3. (a) Mapas climas de México (García, 1990) y (b) de edafología (INEGI, 2003)

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 de INEGI en campo, 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.

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 el enfoque del IPCC para inventarios de carbono en el suelo (Cuadro 3).

Cuadro 3. 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		
	Arenosoles	Psammentes	Arenosos
	Podzoles	Spodosoles	Espódicos
	Andosoles	Andisoles	Volcánicos
	Gleysoles	Aquic	Tierras húmedas (no-Histosoles)

Adaptado de las Directrices del IPCC (IPCC, 2003)

La asignación a los grupos de suelos del IPCC estuvo basada en la taxonomía de los suelos del INEGI (FAO 68).

RESULTADOS OBTENIDOS

El resultado del 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 4)

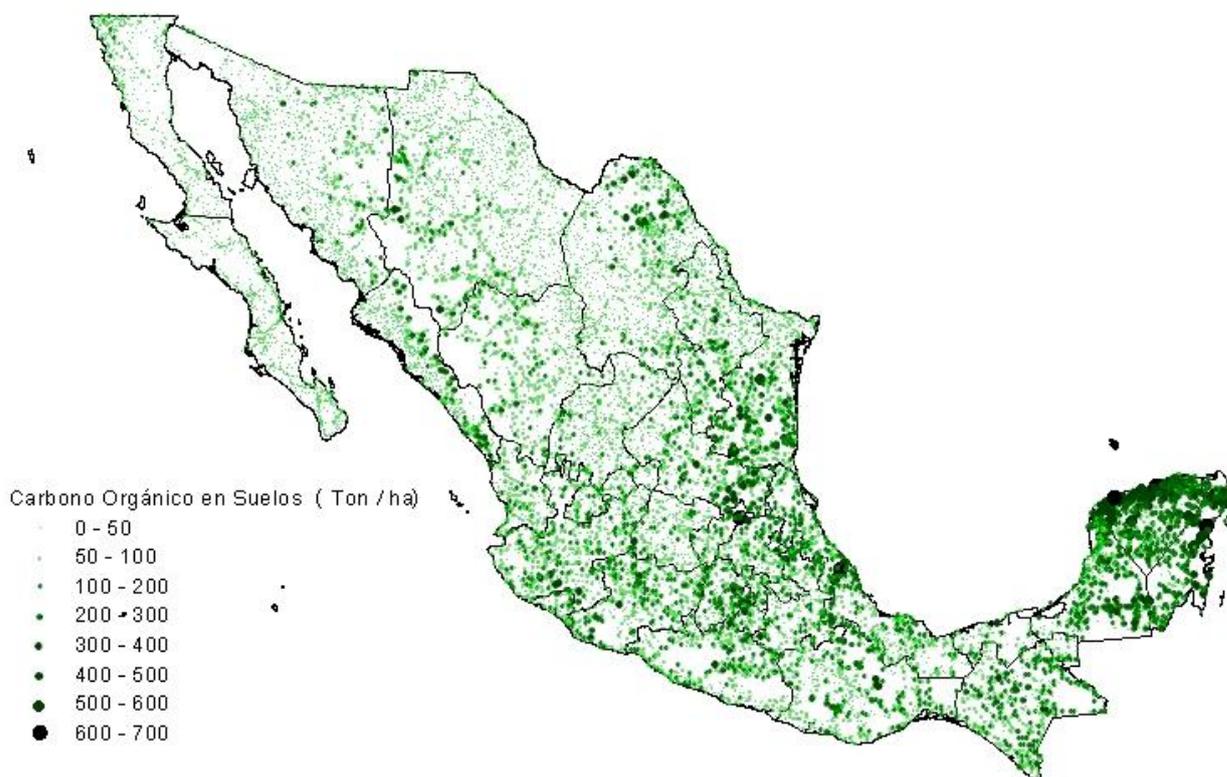


Figura 4. Distribución espacial del COS de las dos bases de datos.

De acuerdo a las definiciones del IPCC en el agrupamiento de las diferentes unidades de suelo se puede indicar que los muestreos arrojan una alta concentración de puntos en la clasificación HAC (High Activity Clay por sus siglas en inglés) seguido por los suelos arenosos con un 18% de los valores reportados. Esta situación puede deberse por un lado a la alta presencia de este tipo de suelo o a una deficiencia en la metodología del muestreo. Un análisis del COS por tipo de suelo definido por IPCC se señala en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Valores de COS (ton ha⁻¹) por tipo de suelo IPCC para los años base 1993 y 2002

Suelo IPCC		Año	
		1993	2002
HAC	Promedio	71.07	71.72
	n	6414	3478
LAC	Promedio	59.68	64.59
	n	469	185
Arenosos	Promedio	31.46	33.18
	n	1409	839
Volcánicos	Promedio	113.13	91.91
	n	146	110
Wetland (no-Histosol)	Promedio	31.22	20.64
	n	226	56
Total Promedio		63.68	64.37
Total Cuenta		8664	4668

En un análisis general de los suelos de México (0-30 cm), se puede indicar que los valores más altos de COS se concentran en los suelos de origen volcánico con valores de 102 ton ha⁻¹, promedio de los dos años base, seguidos de los denominados HAC (arcillas de alta actividad) con 71 ton ha⁻¹. Estos valores son concordantes con los reportados por IPCC en sus guías para los valores por defecto. Por otro lado, al realizar un análisis de los valores de COS de acuerdo a los tipos de vegetación, Figura 5 y Cuadro 5, se puede ver una alta concordancia entre las especies vegetales y climas que permiten el desarrollo de biomasa en altas cantidades y altos niveles de COS en los suelos.

Cuadro 5. Valores de COS (ton ha⁻¹) por tipo de vegetación.

Uso de suelo		Año			
		1993		2002	
Bosque de Coníferas	Promedio	80		89	
	n	217	2.5%	71	1.5%
Bosque de Coníferas-Latifoliadas	Promedio	65		84	
	n	320	3.7%	113	2.4%
Bosque de Coníferas-Latifoliadas-vegetación secundaria	Promedio	73		92	
	n	69	0.8%	24	0.5%
Bosque de Coníferas- vegetación secundaria	Promedio	91		86	
	n	50	0.6%	15	0.3%
Bosque Latifoliadas	Promedio	71		99	
	n	230	2.7%	71	1.5%
Bosque Latifoliadas- vegetación secundaria	Promedio	93		89	
	n	119	1.4%	69	1.5%
Humedal	Promedio	89		50	
	n	23	0.3%	6	0.1%
IAPF	Promedio	67		67	
	n	2742	31.6%	1721	36.9%
Manglar	Promedio	109		182	
	n	26	0.3%	9	0.2%
Matorral	Promedio	38		39	
	n	1897	21.9%	1024	21.9%
Matorral- vegetación secundaria	Promedio	53		49	
	n	237	2.7%	166	3.6%
Otros	Promedio	32		37	
	n	156	1.8%	124	2.7%
Palmar	Promedio	61		111	
	n	1	0.0%	1	0.0%
Pastizal natural	Promedio	47		49	
	n	1142	13.2%	594	12.7%
Selva Alta y Mediana	Promedio	150		145	
	n	356	4.1%	149	3.2%
Selva Alta y Mediana- vegetación secundaria	Promedio	126		157	
	n	248	2.9%	90	1.9%
Selva baja	Promedio	63		76	
	n	485	5.6%	229	4.9%
Selva baja- vegetación secundaria	Promedio	82		80	
	n	346	4.0%	192	4.1%
Promedio		64		64	
Cuenta		8664		4668	

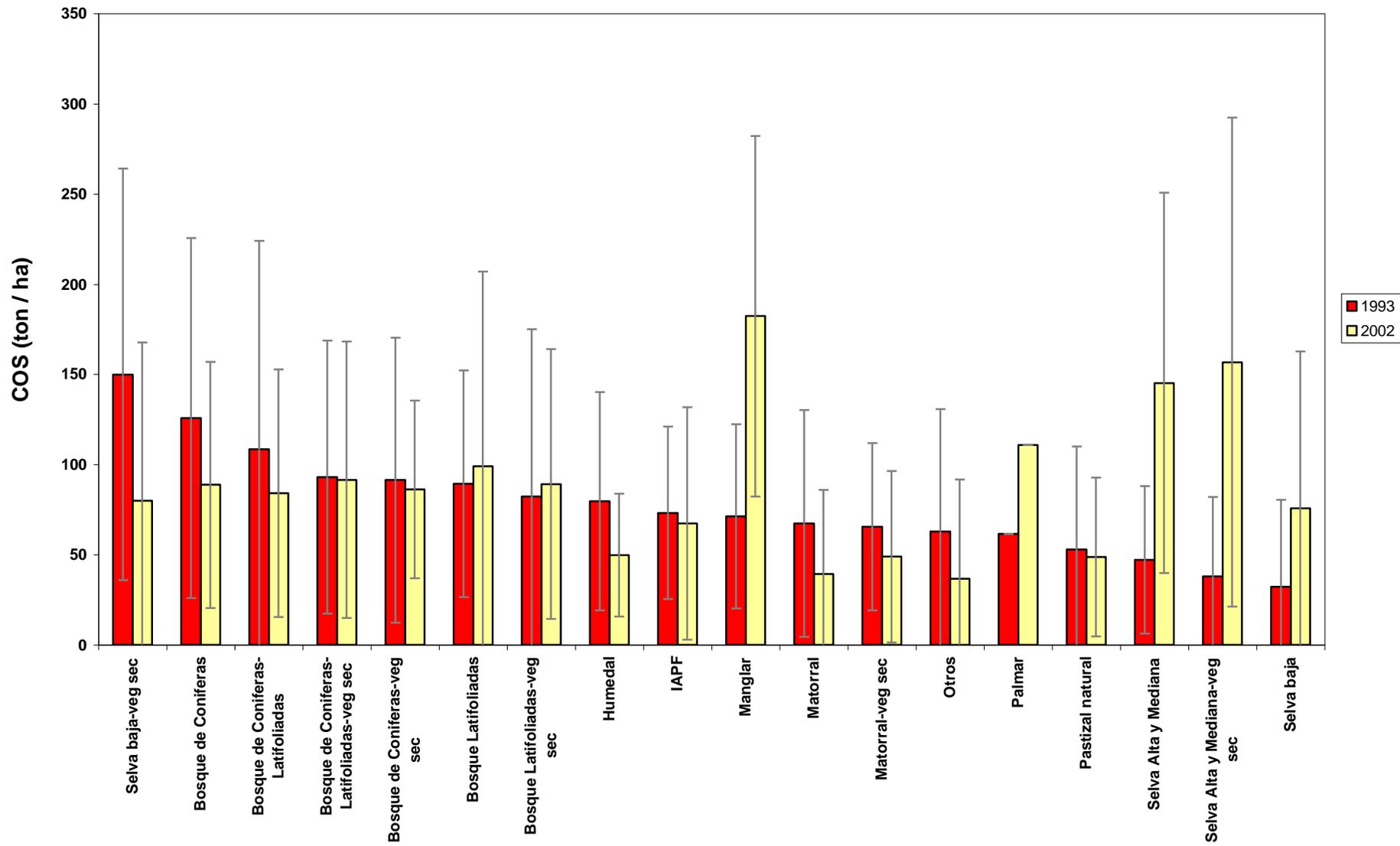


Figura 5. Estimación de COS para los años base 1993 y 2002

INCERTIDUMBRE EN LAS ESTIMACIONES

Del ejercicio realizado en esta segunda aproximación sobresalen los siguientes puntos importantes para evaluar la incertidumbre de los inventarios:

- Cambiar la estrategia de estimación del COS en las clases de suelos y vegetación, en vez de usar un promedio simple emplear un promedio ponderado, que refleje la cantidad de datos disponibles y la superficie de las clases. Es altamente recomendable que se defina una estrategia de interpolación/escalamiento espacial que tome en cuenta la dispersión espacial de los datos y los factores de escala asociados a los muestreos.
- Con relación a las bases de datos es importante realizar un ejercicio detallado para mejorar:
 - Las estimaciones de la DA usando información de INEGI y de otras fuentes y validarlas con observaciones de campo. Se recomienda utilizar y validar otras estrategias de homogeneidad espacial. Asimismo, es importante analizar funciones de pedotransferencia que reduzcan la incertidumbre en las estimaciones de la DA.
 - Las estimaciones del porcentaje de fragmentos grueso (> 2mm) en los suelos, para corregir las estimaciones del COS por este factor. Se recomienda el análisis de la información indirecta disponible del INEGI para este fin.
 - La base de datos de INEGI de 1993, se recomienda revisar los valores originales, para analizar el efecto de utilizar grupos de años como un estimado del año base 1993.
- Es altamente recomendable que el esfuerzo del Inventario Nacional de la Comisión Nacional Forestal, en proceso, incluya la recolección de muestras de suelo en los sitios de muestreo, para poder así contar con información simultánea del COS y de la vegetación. Esta es una oportunidad única que no debe desaprovecharse.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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

García, E., 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Climas (Clasificación de Köppen, modificado por E. 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.

INEGI, 2000, XII Censo General de Población y Vivienda. Datos Tabulados Básicos e Integración Territorial por localidad (Iter). México D.F.

Intergubernamental Panel on Climate Change (IPCC), 2003, Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Edited by Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC.

SARH. 1994. Inventario Nacional Forestal Periódico. México, D.F. 81 pp.

SEMARNAT-CP, 2001-2002, Evaluación de la degradación de los suelos causada por el hombre en la República Mexicana, a escala 1:250,000, Memoria Nacional, D.F., México