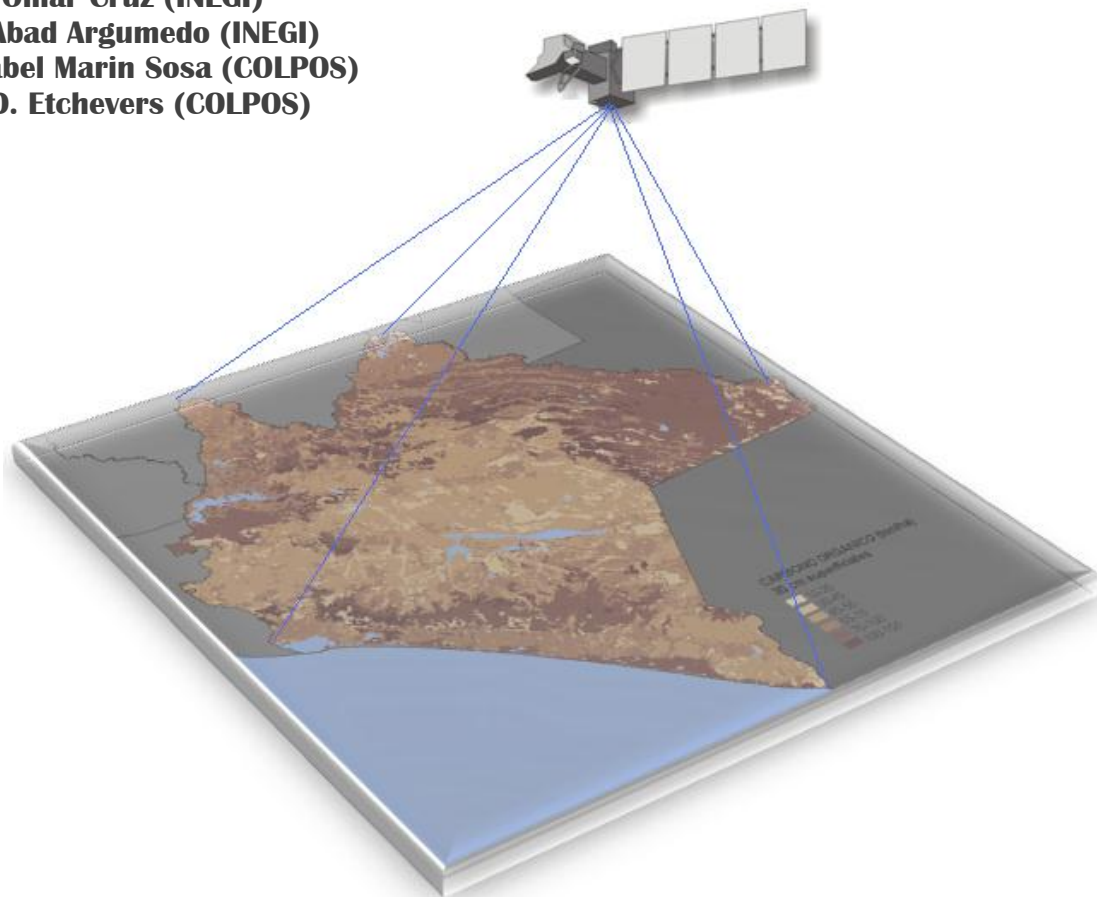




ANEXO 2

Documento de Referencia para la Estimación del Carbono Orgánico en el Suelo (COS), en el Estado de Chiapas.

Fernando Paz Pellat (COLPOS)
Carlos Omar Cruz (INEGI)
Jesús Abad Argumedo (INEGI)
Ma. Isabel Marín Sosa (COLPOS)
Jorge D. Etchevers (COLPOS)



Junio de 2010

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN	1
2 PROCEDIMIENTO GENERAL	2
2.1 Profundidad	3
2.2 Factor de ponderación (Factor_pon)	4
2.3 Esqueleto (Sk)	4
2.4 Carbono Orgánico (Cos_%)	5
2.5 Clase textural (Clase_tex)	5
2.6 Densidad aparente (DA)	5
2.7 homologación de la descripción vegetal de los perfiles de suelo	6
3 REVISIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE LA DENSIDAD DEL COS	14
3.1 Estimación conservadora del COS para las clases de uso del suelo	20
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
5 REFERENCIAS	24

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de procesos realizados para la estimación del COS en el estado de Chiapas.....	1
Figura 2. Mapa de Erosión en Chiapas.	4
Figura 3. Mapa de Geoformas en Chiapas.	5
Figura 4. Mapa de COS del estado de Chiapas, estimado a una profundidad de 30 cm.	8
Figura 5. Mapa de COS del estado de Chiapas, estimado a una profundidad de 100 cm.	9
Figura 6. Ajuste de posicionamiento del perfil 44081.....	15
Figura 7. Ajuste de posicionamiento del perfil 44106.....	16
Figura 8. Perfil 2112, ubicado en la costa de Pijijiapan.	17
Figura 9. Relacion entre el COS de la vegetación primaria y la secundaria para diferentes clases de uso del suelo a nivel nacional.	20
Figura 10. Relacion entre el COS promedio y su desviación estándar para diferentes clases de uso del suelo a nivel nacional.	21
Figura 11. Relacion entre el COS promedio y su desviación estándar para diferentes clases de uso del suelo para Chiapas.	22

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Información disponible de perfiles de suelo.	2
Cuadro2. Ejemplo de los espesores a una profundidad de 30 cm, para la estimación del COS en un perfil del suelo típico.	3
Cuadro 3. Cálculo del promedio ponderado del CO en el perfil del suelo.	4
Cuadro 4. Cálculo del promedio ponderado del Esqueleto (sk) en el perfil del suelo.	4
Cuadro 5. Ajuste por volumen de la fracción fina para los valores de Sk.	5
Cuadro 6. Homologación de información original con serie IV.	7
Cuadro 7. Homologación de la información de Serie I con Serie IV.	8
Cuadro 8. Homologación de información de la Serie II con la Serie IV.	9
Cuadro 9. Ejemplo de tablas de COS según el tipo de vegetación a una profundidad de 30 cm para el estado de Chiapas.	1
Cuadro 10. Información del COS asociada a las clases de uso del suelo de la Serie IV del INEGI.	2
Cuadro 11. COS en la integración de las clases de uso del suelo y geoforma y erosión (serie IV del INEGI).6	
Cuadro 12. COS en los municipios de Chiapas.	10
Cuadro 13. Estimaciones revisadas del COS (0-30 cm) para diferentes usos del suelo.	18
Cuadro 14. Estimación del COS para las clases de uso del suelo agrupadas en Chiapas.	23

1 INTRODUCCIÓN

Dentro de los inventarios de gases efecto invernadero (GEI) del sector uso del suelo, cambio de uso del suelo, forestería y agricultura/ganadería (AFOLU, por sus siglas en inglés), es de suma importancia cuantificar el almacén del carbono en el suelo (IPCC, 2003). Desafortunadamente, las mediciones simultáneas del carbono en el suelo y en la biomasa área de la vegetación son escasas, por lo que las estimaciones en este sector tienen niveles altos de incertidumbre.

En el presente documento se describen los procedimientos realizados para determinar el valor del carbono orgánico en el suelo (COS), en Mg y $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para las diferentes clases de vegetación del estado de Chiapas. En la Figura 1 se muestra el diagrama general de los pasos que se llevaron a cabo.

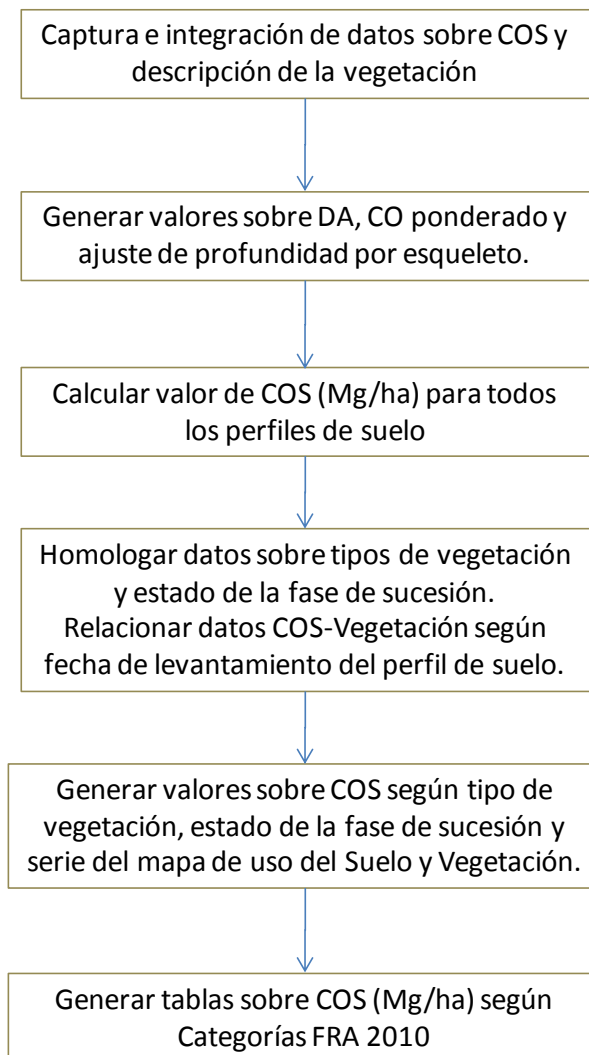


Figura 1. Diagrama de procesos realizados para la estimación del COS en el estado de Chiapas.

2 PROCEDIMIENTO GENERAL

Se revisó la información de perfiles de suelo en el estado de Chiapas, disponible dentro del sistema nacional de información sobre perfiles de suelo (SNIPER, versión no pública). Posteriormente, se integró una base de datos con los campos que se muestran en el Cuadro 1, y se procedió a determinar el valor del COS ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de cada uno de los perfiles disponibles.

Cuadro 1. Información disponible de perfiles de suelo.

Nombre del Campo	Descripción del campo	Valores
Identifi	Clave que identifica el registro de cada perfil de suelo.	000001 - 300100
Year_lev	Año en que se levantó la información del perfil de suelo en campo	1968 - 2007
Descrip_v	Descripción vegetal al momento del levantamiento del perfil de suelo. Incluye tipo de vegetación en lo general y especies (nombre vulgar o científico) en lo particular.	Discreta
Hlimsup	Profundidad del límite superior del horizonte de suelo dentro del perfil.	0 – 29 cm
Hliminf	Profundidad del límite inferior del horizonte de suelo dentro del perfil.	1 – 30 cm
Esq_grav	Estimación del porcentaje de gravas (2.5-7.5 cm) que está contenido en un horizonte de suelo.	0-6, de donde 0. Sin esqueleto 1. Menor de 5% 2. 5 a 10% 3. 10 a 20% 4. 20 a 40% 5. 40 a 80% 6. Más de 80%
Esq_guij	Estimación del porcentaje de guijarros (7.5-25cm) que está contenido en un horizonte de suelo.	0-6, de donde 0. Sin esqueleto 1. Menor de 5% 2. 5 a 10% 3. 10 a 20% 4. 20 a 40% 5. 40 a 80% 6. Más de 80%
Esq_pie	Estimación del porcentaje de piedras (mayores de 25cm) que está contenido en un horizonte de suelo.	0-6, de donde 0. Sin esqueleto 1. Menor de 5% 2. 5 a 10% 3. 10 a 20% 4. 20 a 40% 5. 40 a 80% 6. Más de 80%

Cuadro 1. Información disponible de perfiles de suelo. Continuación...

Nombre del Campo	Descripción del campo	Valores
Sk_clave	Clave del suelo dominante contenido en la unidad cartográfica y que contiene el valor de esqueleto.	Existen 3 valores de referencia sk 40% skp 40% hk 80%
Arcilla	Cantidad de arcilla contenida en el horizonte o capa de suelo (porcentaje).	0-100
Limo	Cantidad de limo contenida en el horizonte o capa de suelo (porcentaje).	0-100
Arena	Cantidad de arcilla contenida en el horizonte o capa de suelo (porcentaje).	0-100
DAPd	Densidad aparente de la muestra de suelo (valor aproximado 1/3 bar), obtenida en campo y cuantificada en laboratorio.	0.1 – 1.7
CO	Cantidad de COS (%) presente en el suelo.	0.01-40.0

Fuente: Sistema Nacional de Información sobre Perfiles de Suelo, SNIPER (versión no publica).

Con la información recabada (Cuadro 1) se determinó el valor de los parámetros asociados al cálculo del COS, mismos que se describen a continuación.

2.1 Profundidad

El COS se estimó para una profundidad de 30 cm (recomendación del IPCC para las estimaciones del COS; IPCC, 2003) y 100 cm, usando un esquema de ponderación por espesor de los estratos del suelo.

La profundidad indica la sumatoria de los espesores de los horizontes o capas de suelo contenidos en los 30 o 100 cm superficiales, Cuadro 2.

Cuadro2. Ejemplo de los espesores a una profundidad de 30 cm, para la estimación del COS en un perfil del suelo típico.

Identifi	Hlim_supe (cm)	Hlim_infe (cm)	Espesor (cm)
E1511-50021	0	11	11
	11	26	15
	26	45	4
Suma de los espesores requeridos: 30 cm			

2.2 Factor de ponderación (Factor_pon)

Debido a que los horizontes de suelo de un perfil de suelo tienen espesores generalmente diferentes, es necesario conocer la proporción de cada espesor de horizonte o capa de suelo.

Es útil para calcular el promedio ponderado del valor de CO del perfil de suelo en función del espesor de cada uno de los horizontes o capas de suelo encontradas dentro de los 30 cm superficiales (Cuadro 3 y 4).

Cuadro 3. Cálculo del promedio ponderado del CO en el perfil del suelo.

Identifi	Hlim_supe	Hlim_infe	Espesor	Factor_pon	CO (%)	CO_pon
E1508-	0	17	17	0.56667	4.68	2.65
44107	17	25	8	0.26666	2.07	0.55
	25	45	5	0.16667	1.79	0.30

Lectura: El perfil E1508-44107 tiene un promedio ponderado de $CO=2.65+0.55+0.30= 3.50\%$ dentro de los 30 cm superficiales.

Cuadro 4. Cálculo del promedio ponderado del Esqueleto (sk) en el perfil del suelo.

Identifi	Hlim_supe	Hlim_infe	Espesor	Factor_pon	Sk (%)	Sk ponderado (%)
E1508-	0	17	17	0.56667	0.0	0.00
44107	17	25	8	0.26666	10.0	2.67
	25	45	5	0.16667	35.0	5.83

Lectura: El perfil E1508-44107 tiene un promedio ponderado de $Sk= 0.00+2.67+5.83= 8.50\%$ dentro de los 30 cm superficiales.

2.3 Esqueleto (Sk)

Indica el porcentaje de fragmentos mayores a 2 mm (en peso), observados en los 30 cm superficiales de suelo. Incluye el valor conjunto de gravas (2-25 mm), guijarros (25-75 mm) y piedras (75-250 mm).

Sk se obtiene a partir de dos fuentes de información.

- Directo. El 31.0% de los valores tiene como fuente el formato de descripción del suelo realizado en campo. De este modo se obtiene un valor porcentual de esqueleto a partir de la sumatoria de las columnas (esq_grav + esq_guij + esq_pied).

- b) Indirecto. El 69% se obtiene de la clave de la unidad dominante y co-dominante de suelo. El valor estimado de pedregosidad se ajusta a dos valores: 40 y 90%

En este proceso fue necesario determinar el ajuste por el porcentaje del volumen del suelo ocupado por la fracción fina (ver ejemplo del Cuadro 5).

Cuadro 5. Ajuste por volumen de la fracción fina para los valores de Sk.

Identificador	Profundidad (m)	Sk ponderado (%)	Tierra fina (%)	Profundidad ajustada (m)
E1508-44107	0.3000	8.50	91.50	0.2745

Ver ecuación (1).

2.4 Carbono Orgánico (Cos_%)

Es el valor de carbono orgánico obtenido en laboratorio por el método Walkley-Black, para cada muestra de suelo. Se expresa en porcentaje del peso total de suelo.

Este valor es útil para estimar de forma indirecta la densidad aparente (DA) y para cuantificar directamente el COS en términos gravimétricos ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

2.5 Clase textural (Clase_tex)

Se obtiene a partir de la relación de constituyentes de tierra fina observada en los tamaños de partículas en los perfiles de suelo, a partir del cual se genera una tabla de clases texturales.

Para obtener la clase textural se emplea el sistema 2000-63-2- μm , del *United States Department of Agriculture* (USDA).

El valor de la clase textural asociado al valor del CO (%) se aplica directamente en la estimación cuantitativa de la densidad aparente (DA), para los casos en que DA no ha sido evaluada en campo.

2.6 Densidad aparente (DA)

Se obtiene a partir de dos fuentes de información:

- a) Directo. Valor asentado por muestreo de campo y análisis de DA en laboratorio para descripciones de perfiles de suelo seleccionadas.
- b) Indirecto. Por estimación de DA a partir de los valores de arcilla y CO (%) disponible. Se emplea el procedimiento sugerido por FAO (2006). El valor promedio de DA está asociado directamente a la clase textural de cada perfil de suelo y ajustada al contenido de CO. Para los casos en que el valor de CO es mayor a 1.2%, se realiza un decremento de 0.03 Mg·m⁻³ por cada 0.6 % de incremento en el valor de CO.

Por este método indirecto se han obtenido los valores de DA en 98% de los perfiles de suelo con dato de COS disponible.

Una vez que se estimaron los parámetros anteriores, se procedió a estimar el valor final de COS (Mg·ha⁻¹) para cada uno de los perfiles de suelo disponibles en el estado de Chiapas.

Para obtener el valor del COS se utilizó la ecuación (1).

$$COS_i = DAP \cdot P \left(\frac{1 - FG}{100} \right) \cdot 10000 \cdot COS_p(0.01) \quad (1)$$

COS_i = Carbono Orgánico en el Suelo (Mg·ha⁻¹)

DAP = Densidad aparente del suelo (Mg·m⁻³)

P = Profundidad des suelo (m)

FG = Fragmentos gruesos en el suelo (> 2 mm), en volumen (%)

COS_p = Carbono orgánico ponderado, expresado en términos porcentuales

0.01 = factor de conversión de unidades.

El valor de 10000 tiene como unidades m²·ha⁻¹.

2.7 homologación de la descripción vegetal de los perfiles de suelo

A continuación se procedió a homologar la descripción vegetal de los perfiles de suelo, con la información proporcionada por la serie IV de uso del suelo y vegetación (INEGI). Esta información se utilizó, posteriormente, para calcular el COS por tipo de vegetación.

Para homologar la clave de vegetación con la serie IV (usuev), se consideró la fecha del levantamiento del perfil, la descripción de la vegetación contenida en el formato original de levantamiento en campo, y/o la información del mapa de uso del suelo y vegetación en sus diferentes series (I, II, III y IV).

De acuerdo a lo anterior, existen cinco fuentes de información para determinar el tipo de vegetación y fase sucesional, en cada perfil de suelo involucrado en el presente análisis de COS.

Estas fuentes se describen a continuación.

Descripción original. Se considera el tipo de vegetación, especies y nombres comunes para establecer su correspondencia con serie IV. Existen 157 valores sobre tipos de vegetación detallados a nivel de tipo, especie o cultivar y homologados a serie IV, de los cuales poco más de la cuarta parte (25.5%) corresponden a levantamientos posteriores a 2007 (ver Cuadro 6).

Cuadro 6. Homologación de información original con serie IV.

IDENTIFI	DESCRIPCION DE COBERTURA VEGETAL	HOMOLOG USUEV4
C-CAP 303522	PASTIZAL CULTIVADO, PNATURAL	PC
C-CAP 303525	FRUTALES TAMARINDUS INDICUS L.	TP
D1502 2101	temporal maiz, frijol, cebada, relictos de bosque	TA
D1502 2102	pino-encino	BPQ
D1505 4001	GRAMINEAS INDUCIDAS PASTIZAL CULTIVADO/LEOLITOS SE	PC
D1505 4005	MANGLAR RHIZOFORA SP	VM
D1505 4009	AGRICULTURA DE TEMPORAL ALGODON	TA
D1505 4010	GRAMINEAS INDUCIDAS PASTIZAL INDUCIDO	PC
D1505 4012	AGRICULTURA DE TEMPORAL Y RIEGO MAIZ PEPINO Y ALGO	RAS
D1505 4101	PASTIZAL CULTIVADO AGRICULTURA TEMPORAL ESTRELLA A	PC
D1505 4102	MANGLAR AGRICULTURA DE TEMPORAL CULTIVOS ANUALES A	TA
D1505 4104	AGRICULTURA DE TEMPORAL CULTIVOS PERENNES CACAO Y	TAP
D1505 4105	PASTIZAL CULTIVADOS ESTRELLA AFRICANA	PC
E1508 44040	VS-PI compuestas	PI
E1508 44045	Smed-relictos cacahuananche, pastizal	PC
E1508 44047	SMperennifolia Cocotales	SAP
E1508 44069	Vsec	SAP/VSa
E1508 44101	PASTIZAL CULTIVADO PASTOS	PC
E1508 44105	SELVA ALTAL PERINNIFOLIA, VEGETACIÊN SECUNDARIA AR	VSa/SAP
E1508 44106	BOSQUE DE PINO-ENCINO, VEGETACIÊN SECUNDARIA ARBOR	BPQ

Cuadro 6. Homologación de la información original con serie IV. Continuación...

IDENTIFI	DESCRIPCION DE COBERTURA VEGETAL	HOMOLOG USUEV4
E1508 44107	SELVA ALTA PERENIFOLIA, BOSQUE DE PINO-ENCINO CULT	BM
E1508 44109	ROSA-TUMBA-QUEMA, VEGETACIÉN ANT. SELVA ALTA PEREN	TA
E1508 44117	SELVA ALTA PERENIFOLIA PASTOS, MA Z, SELVA PERTURB	VSA/SAP
E1508 44118	SELVA ALTA PERENIFOLIA, VEGETACION SECUNDARIA ARBO	VSA/SAP
E1508 44119	SELVA ALTA PERENIFOLIA-VEGETACIÉN SECUNDARIA ARBOR	VSA/SAP
E1508 44120	SELVA ALTA PERENIFOLIA- PASTIZAL INDUCIDO	VSh/SAP
E1508 44126	PALMAR, PASTIZAL, YUCA	PN
E1508 44127	AGRICULTURA DE TEMPORAL, SELVA ALTA PERENIFOLIA MA	TA
E1508 44128	BOSQUE DE PINO PINOS	BP
E1508 44129	PASTIZAL PASTOS	PC
E1509 46050	relictos Selva alta perennifolia	VSa/SAP
E1510 48201	PQ/VSA PINO ENCINO CON VEGETACION SECUNDARIA, ARBU	VSA/BQ

Descripciones Usuev Serie I. Todos los perfiles levantados entre 1970 y 1989, se consideran asociados al valor de la cobertura Serie I (año base 1980). Las descripciones de la cobertura vegetal de los perfiles Serie I se actualizaron a las claves existentes actualmente para Usuev Serie IV. Existen 163 valores sobre tipos de vegetación serie I homologados a serie IV. En el Cuadro 7 se muestran algunos ejemplos de este ajuste.

Cuadro 7. Homologación de la información de Serie I con Serie IV.

IDENTIFI	YEAR	USUEV1	USUEV 4	FASE_PS
D1502-2003	1984	PC	PC	SECUNDARIA
E1508-44107	1982	PC	PC	SECUNDARIA
E1508-44066	1982	SAP/VSa	SAP/VSa	SECUNDARIA
E1508-44079	1982	BM/VSa	BM/VSa	SECUNDARIA

Descripciones Usuev Serie II. Todos los perfiles obtenidos entre 1990 y 1997, se consideran asociados al valor de la cobertura Serie II. Año base 1997. Las descripciones de la cobertura vegetal de los perfiles Serie I se actualizaron a las claves existentes actualmente para Usuev Serie IV. Existen únicamente 2 valores sobre tipos de vegetación serie II homologados a serie IV. En el Cuadro 8 se muestran algunos ejemplos de este ajuste.

Cuadro 8. Homologación de información de la Serie II con la Serie IV.

IDENTIFI	YEAR	USUEV_2	USUEV	FASE_PS
CCAP-303522	1991	PC	PC	SECUNDARIA
CCAP-303525	1991	TP	TP	SECUNDARIA

Descripciones Usuev Serie III. Los perfiles obtenidos entre 1998 y 2003, se consideran asociados al valor de la cobertura Serie III. Año base 2002. No hubo perfiles de suelo levantados en estas fechas para el estado de Chiapas.

Descripciones Usuev Serie IV. Se consideran asociados al valor de la cobertura Serie IV, todos los perfiles obtenidos entre 2004 y 2009. Año base 2007. El valor obtenido es el mismo actualmente para Usuev Serie IV. Existen 36 valores sobre tipos de vegetación relacionados directamente con la cobertura serie IV.

Los cuadros resultantes están divididos por serie de vegetación y/o por estado de la fase de sucesión en la vegetación.

A estos cuadros se incorporó el valor promedio del CO (en términos tanto porcentuales como gravimétricos), la desviación estándar y la frecuencia o número de perfiles involucrados en la cuantificación de COS en cada serie II, III y IV (ver ejemplo en el Cuadro 9).

En los casos de tipos de vegetación con superficie escasa (generalmente superficie total menor a 50,000 ha) y donde no existen datos sobre COS de perfiles levantados, se realizó lo siguiente:

- a) Utilizar el valor promedio de COS en los mismos tipos de vegetación con fase sucesional diferente.
- b) Cuando no es posible obtener este valor, se emplea el valor promedio de COS observado en el ecosistema.

Un caso especial para Chiapas en donde se ha realizado este procedimiento son las áreas desprovistas de vegetación.

Cuadro 9. Ejemplo de tablas de COS según el tipo de vegetación a una profundidad de 30 cm para el estado de Chiapas.

IDENTIFI	FRECUENCIA	CLAVE_USUEV4	TIPO DE VEGETACION	FASE	COS (%)	COS (ton/ha)
D1502 2006	2	TP	AGRICULTURA DE TEMPORAL	PRIMARIA	5.1000	194.2200
D1502 2007	2	PC	PASTIZAL CULTIVADO	PRIMARIA	2.5400	98.2320
D1502 2015	1	VSA/SMQ	SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	SECUNDARIA	0.7000	28.3500
D1502 2020	2	BM	BOSQUE MESOFILO DE MONTANA	PRIMARIA	2.5600	107.5200
D1502 2037	2	BQP	BOSQUE DE ENCINO-PINO	PRIMARIA	0.5300	21.7300
D1502 2045	2	PI	PASTIZAL INDUCIDO	SECUNDARIA	3.2200	122.7720
D1502 2058	2	VM	MANGLAR	PRIMARIA	7.2800	245.1540
D1502 2096	2	VA	POPAL	PRIMARIA	2.9300	109.0490
D1502 2101	2	TA	AGRICULTURA DE TEMPORAL	PRIMARIA	1.7200	43.3440
D1502 2108	2	VSA/SAP	SELVA ALTA PERENNIFOLIA	SECUNDARIA	1.2200	29.3780
D1502 2113	1	BM	BOSQUE MESOFILO DE MONTANA	PRIMARIA	2.1200	29.6800
D1505 4005	1	VM	MANGLAR	PRIMARIA	5.8000	139.0260
D1505 4012	2	RAS	AGRICULTURA DE RIEGO	PRIMARIA	1.5000	61.3500
E1508 44066	1	VSa/SAP	SELVA ALTA PERENNIFOLIA	SECUNDARIA	10.4000	149.7600

Al término de esta etapa del proceso, se obtuvo el resumen de todas las tablas de COS por tipos de vegetación, según serie cartográfica (USUEV) y estado de la fase sucesiva de la vegetación (ver Cuadro 10).

Cuadro 10. Información del COS asociada a las clases de uso del suelo de la Serie IV del INEGI

CLAVE_USUEV4	FRECUENCIA	TIPO DE VEGETACION	FASE	COS (%)		COS (ton/ha)	
				promedio	desviación std	promedio	desviación std
BM	8	BOSQUE MESOFILO DE MONTANA	PRIMARIA	3.6375	1.5674	132.7821	65.2179
BM/VSa	2	BOSQUE MESOFILO DE MONTANA	SECUNDARIO	5.5000	1.5556	127.1600	94.9560
BM/VSA	2	BOSQUE MESOFILO DE MONTANA	SECUNDARIO	2.4550	1.2374	91.0090	35.7216
BP	10	BOSQUE DE PINO	PRIMARIA	2.8810	1.9906	80.4361	49.2855
BPQ	8	BOSQUE DE PINO-ENCINO	PRIMARIA	2.2088	2.3357	57.4767	38.3335
BPQ/VSa	3	BOSQUE DE CONIFERAS	SECUNDARIO	3.1767	0.4450	117.2980	25.1174
BQ	3	BOSQUE DE ENCINO	PRIMARIA	3.2367	1.0755	116.0177	37.5553
BQP	2	BOSQUE DE ENCINO-PINO	PRIMARIA	1.5650	1.4637	57.8750	51.1167
PC	54	PASTIZAL CULTIVADO	PRIMARIA	2.0519	1.4838	74.6349	47.2141
PI	8	PASTIZAL INDUCIDO	SECUNDARIA	1.8863	1.5040	73.6834	52.7932
PN	1	PASTIZAL NATURAL	PRIMARIA	1.6300	0.0000	63.1760	0.0000
RA	1	AGRICULTURA DE RIEGO	PRIMARIA	0.9300	0.0000	38.4300	0.0000
RAS	1	AGRICULTURA DE RIEGO	PRIMARIA	1.5000	0.0000	61.3500	0.0000
RS	1	AGRICULTURA DE RIEGO	PRIMARIA	0.9600	0.0000	36.7200	0.0000
SAP	28	SELVA ALTA PERENNIFOLIA	PRIMARIA	4.0432	3.2017	97.5830	60.5868
SAP/VSa	6	SELVA ALTA PERENNIFOLIA	SECUNDARIO	2.1150	0.8027	84.7173	31.9278
TA	15	AGRICULTURA DE TEMPORAL	PRIMARIA	1.8387	0.8297	71.2011	33.4512
TP	9	AGRICULTURA DE TEMPORAL	PRIMARIA	2.3678	1.6343	89.5927	62.6012
VA	1	POPAL	PRIMARIA	2.9300	0.0000	109.0490	0.0000
VM	3	MANGLAR	PRIMARIA	4.6600	3.3393	139.8467	104.8994
VSa/BM	3	BOSQUE MESOFILO DE MONTANA	SECUNDARIA	3.3933	2.5826	122.2823	98.4994
VSA/BQ	1	BOSQUE DE ENCINO	SECUNDARIA	0.8800	0.0000	37.2960	0.0000
VSa/SAP	6	SELVA ALTA PERENNIFOLIA	SECUNDARIA	4.6250	3.1197	119.8753	51.2361
VSA/SAP	11	SELVA ALTA PERENNIFOLIA	SECUNDARIA	2.4645	1.2186	86.6339	40.1119
VSa/SBC	5	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	SECUNDARIA	2.2180	1.2357	66.2364	21.1776
VSA/SBC	3	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	SECUNDARIA	3.3433	3.1612	106.4250	87.5928
VSA/SMQ	2	SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	SECUNDARIA	1.1050	0.5728	44.3250	22.5921
VSa/SMS	2	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	SECUNDARIA	2.8000	1.5556	91.7150	72.0047
VSh/SAP	1	SELVA ALTA PERENNIFOLIA	SECUNDARIA	1.4800	0.0000	59.9400	0.0000
VT	1	TULAR	NO DISPONIBL	0.8000	0.0000	31.6440	0.0000

El siguiente paso, consistió en obtener las tablas de COS según el tipo de vegetación o información agrícola-pecuaria-forestal (IAPF) disponible en cada perfil de suelo. Adicionalmente se segmentó cada tipo de vegetación en función a su posición en la geoforma y a su estado erosivo actual. La erosión fuerte y extrema del suelo indica generalmente la pérdida de suelo tanto en cantidad (profundidad y peso de tierra fina) como en calidad (disminución del contenido de COS por ejemplo). La posición del terreno es determinante para la conservación de algunas comunidades vegetales, por ejemplo, los declives abruptos y superiores son menos susceptibles de perturbación en general que los declives inferiores donde la presión humana es mayor sobre los recursos naturales.

La segmentación adicional por erosión y geoforma únicamente es válido en aquellas clases de vegetación en donde tenemos al menos tres estudios de COS. El insumo empleado fue el Mapa de Erosión de Suelos elaborado en 2009 por la Coordinación General de Ganadería de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (CGG-SAGARPA y COLPOS, 2009).

El mapa de erosión para el estado de Chiapas comprende 3309 polígonos que describen el grado de erosión hídrica para el estado de Chiapas. Figura 2. También es posible extraer de este producto cartográfico las principales formas del terreno encontradas para cada clase de vegetación (Figura 3).

Posteriormente se cruzan las matrices de información sobre vegetación, erosión fuerte y extrema, geoformas y contenido de COS en el suelo para resultar el mapa vectorial de COS (Figuras 4 y 5). En el Cuadro 10 se muestran las estimaciones asociadas al COS para las diferentes clases de uso del suelo y su integración con las geoformas y erosión hídrica de los suelos.

Los tipos de vegetación con más COS en el suelo (ton/ha) son el Popal, Bosque de Oyamel y la Selva Mediana Subperennifolia, y con el menor valor son la Vegetación de Dunas Costeras y las Zonas sin Vegetación Aparente.

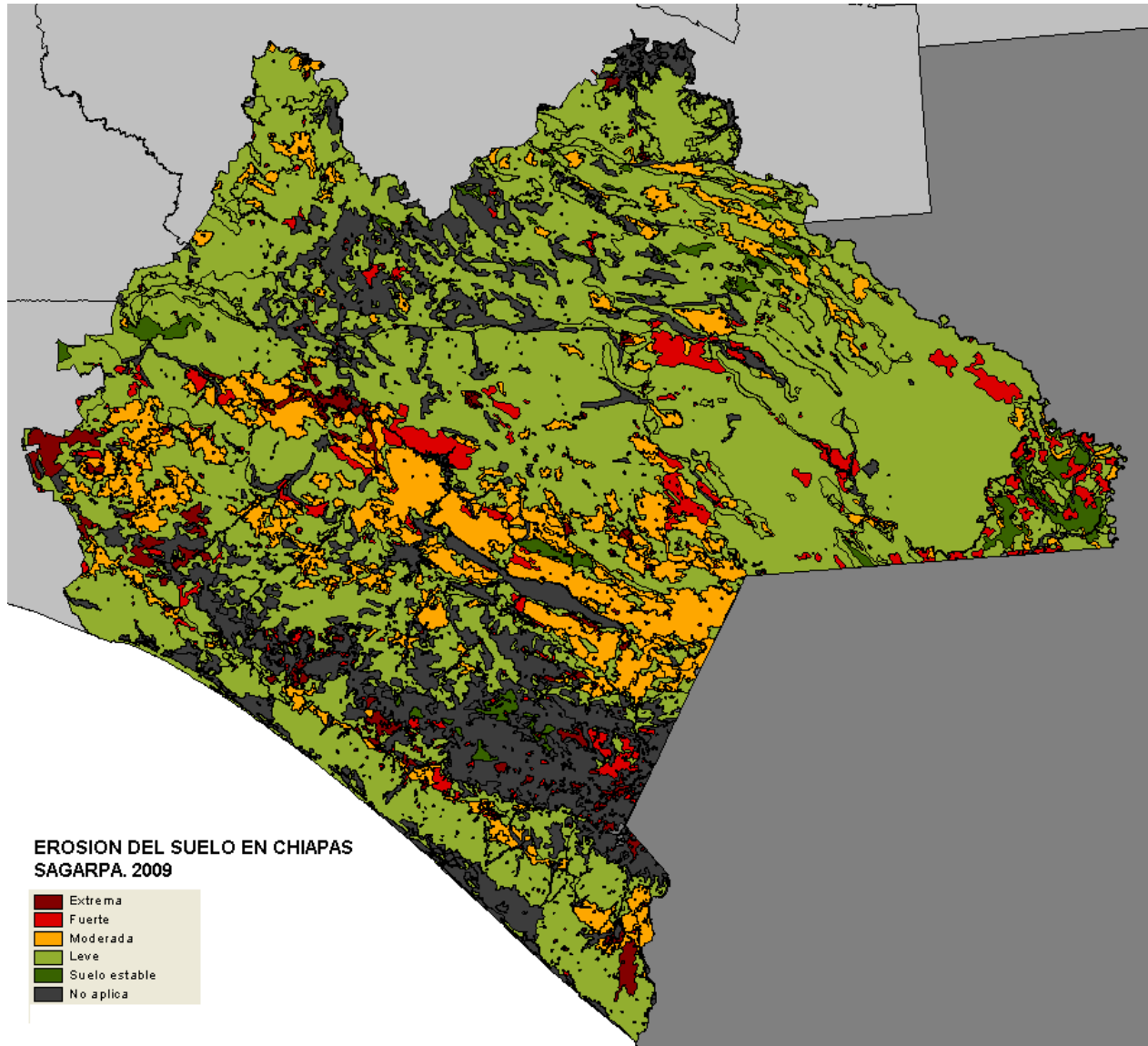


Figura 2. Mapa de Erosión en Chiapas.

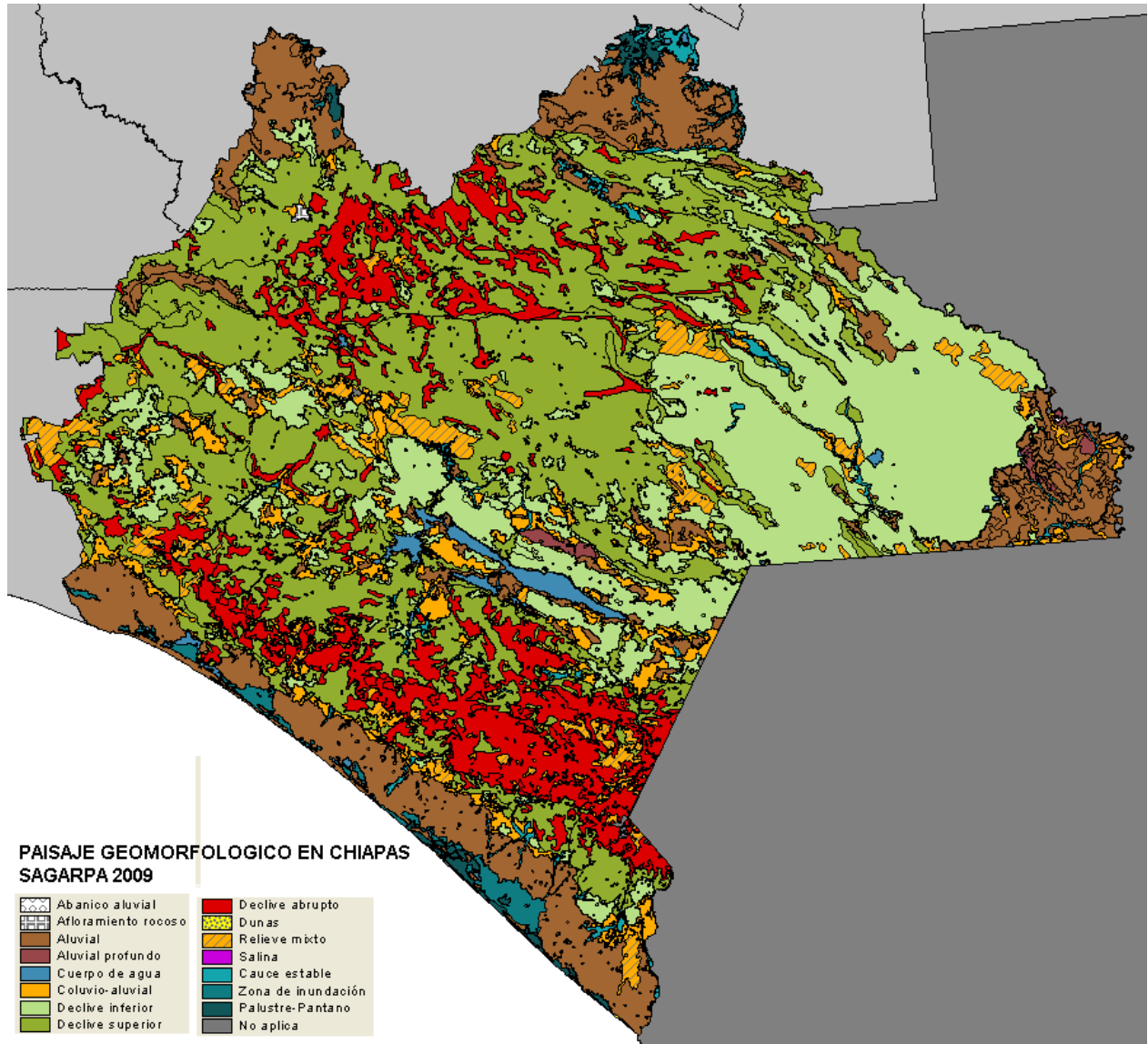


Figura 3. Mapa de Geofomas en Chiapas.

Cuadro 11. COS en la integración de las clases de uso del suelo y geoforma y erosión (serie IV del INEGI).

USUEV4_EROSION_GEOFORMA	SUPERFICIE	COS (%)		COS (miles ton)		COS (ton/ha)	
	has	30 cm	100 cm	30 cm	100 cm	30 cm	100 cm
AGRICULTURA DE RIEGO	120757.48	1.13	0.92	4815.26	9172.63	39.88	75.96
AGRICULTURA DE TEMPORAL	1254552.43	1.42	1.16	57593.62	100256.80	45.91	79.91
BOSQUE CULTIVADO Leve	1860.64	0.91	0.82	50.36	75.12	27.06	40.37
BOSQUE DE ENCINO	2.59	1.94	1.64	0.11	0.16	42.47	60.11
BOSQUE DE ENCINO-PINO	0.02	1.94	1.64	0.00	0.00	42.47	60.11
BOSQUE DE ENCINO-PINO Declive abrupto	16046.10	3.07	2.75	1147.67	1561.98	71.52	97.34
BOSQUE DE ENCINO-PINO Extrema	233.19	1.56	1.32	9.80	14.08	42.02	60.38
BOSQUE DE ENCINO-PINO Fuerte	1917.13	1.61	1.42	84.76	118.63	44.21	61.88
BOSQUE DE ENCINO-PINO Leve	63482.11	1.70	1.42	2982.99	4237.35	46.99	66.75
BOSQUE DE ENCINO-PINO Suelo estable	3370.33	1.94	1.64	143.15	202.60	42.47	60.11
BOSQUE DE ENCINO Declive abrupto	19660.26	2.46	2.24	1182.58	1579.89	60.15	80.36
BOSQUE DE ENCINO Extrema	646.67	1.59	1.40	28.11	39.21	43.47	60.64
BOSQUE DE ENCINO Fuerte	5123.91	1.33	1.12	209.28	288.09	40.84	56.23
BOSQUE DE ENCINO Leve	94400.13	1.75	1.44	4382.29	6214.20	46.42	65.83
BOSQUE DE ENCINO Moderada	27725.19	1.69	1.41	1338.13	1760.43	48.26	63.50
BOSQUE DE OYAMEL Declive abrupto	1289.78	4.67	3.37	163.36	297.95	126.66	231.01
BOSQUE DE OYAMEL Suelo estable	1091.42	4.67	3.37	138.24	252.13	126.66	231.01
BOSQUE DE PINO	309133.12	2.42	1.84	19852.47	31176.63	64.22	100.85
BOSQUE DE PINO-ENCINO	420645.18	1.84	1.45	22159.67	33613.17	52.68	79.91
BOSQUE DE PINO-ENCINO Declive abrupto	118680.60	2.44	2.05	7302.70	10112.89	61.53	85.21
BOSQUE DE PINO-ENCINO Suelo estable	2704.70	3.34	2.27	308.57	477.67	114.09	176.61
BOSQUE DE PINO Extrema	11190.24	1.28	1.00	473.74	623.70	42.34	55.74
BOSQUE MESOFILO DE MONTANA	324507.84	3.18	2.49	36178.60	61306.77	111.49	188.92
BOSQUE MESOFILO DE MONTANA Declive abrupto	283362.33	2.77	1.93	27863.30	46636.39	98.33	164.58
BOSQUE MESOFILO DE MONTANA Suelo estable	13474.66	3.59	2.39	1023.64	1752.53	75.97	130.06
DESPROVISTO DE VEGETACION	3072.64	0.30	0.30	46.09	76.82	15.00	25.00
DESPROVISTO DE VEGETACION Extrema	168.95	0.25	0.25	1.69	3.38	10.00	20.00

MANGLAR	61035.33	2.97	2.41	5011.91	7331.14	82.11	120.11
PALMAR INDUCIDO Moderada	324.43	2.35	2.22	22.38	31.76	68.98	97.90
PASTIZAL CULTIVADO	1449466.99	2.02	1.53	93772.49	150333.31	64.69	103.72
PASTIZAL CULTIVADO Extrema	23793.17	1.41	1.09	1166.10	1979.84	49.01	83.21
PASTIZAL CULTIVADO Fuerte	81123.44	1.10	0.88	3228.77	5243.11	39.80	64.63
PASTIZAL CULTIVADO Zona de inundaci3n	6594.83	1.55	1.00	352.22	538.98	53.41	81.73
PASTIZAL INDUCIDO	337467.23	1.48	1.24	14905.59	22790.75	44.17	67.53
PASTIZAL INDUCIDO Declive abrupto	37717.08	1.90	1.75	2273.87	2963.90	60.29	78.58
PASTIZAL INDUCIDO Suelo estable	521.65	3.27	2.58	56.88	86.39	109.05	165.61
POPAL	732.57	5.27	5.05	104.81	144.23	143.07	196.88
SABANA	23144.02	1.33	0.97	1101.37	1549.42	47.59	66.95
SABANA Leve	23548.12	1.61	1.03	1409.27	2450.26	59.85	104.05
SELVA ALTA PERENNIFOLIA	1504342.38	3.17	2.53	141808.34	200208.72	94.27	133.09
SELVA BAJA CADUCIFOLIA	308011.53	1.92	1.76	15357.15	19661.79	49.86	63.83
SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA Leve	292.57	1.12	0.76	10.56	19.28	36.10	65.89
SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA Zona de inundaci3n	12.69	1.15	1.07	0.34	0.53	26.42	41.58
SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA	3557.86	2.97	1.97	290.58	518.82	81.67	145.82
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	5198.43	2.69	1.65	434.91	632.39	83.66	121.65
SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	1686.41	2.62	1.80	120.02	169.31	71.17	100.40
SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA Declive abrupto	6211.93	1.87	1.75	326.73	402.32	52.60	64.77
SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA Fuerte	2306.86	1.51	1.15	97.33	157.85	42.19	68.43
SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA Leve	33925.96	3.38	3.05	2882.73	3654.28	84.97	107.71
SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA Moderada	7299.20	1.80	1.59	383.40	473.14	52.53	64.82
SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	110674.41	4.96	4.57	13108.91	15614.11	118.45	141.08
SIN VEGETACION APARENTE	3505.72	0.56	0.48	67.33	129.23	19.21	36.86
TULAR	58472.53	2.81	2.57	4707.40	7325.24	80.51	125.28
VEGETACION DE DUNAS COSTERAS	118.47	0.27	0.22	1.51	3.28	12.72	27.67
VEGETACION DE GALERIA	570.01	0.85	0.80	15.20	36.87	26.67	64.68

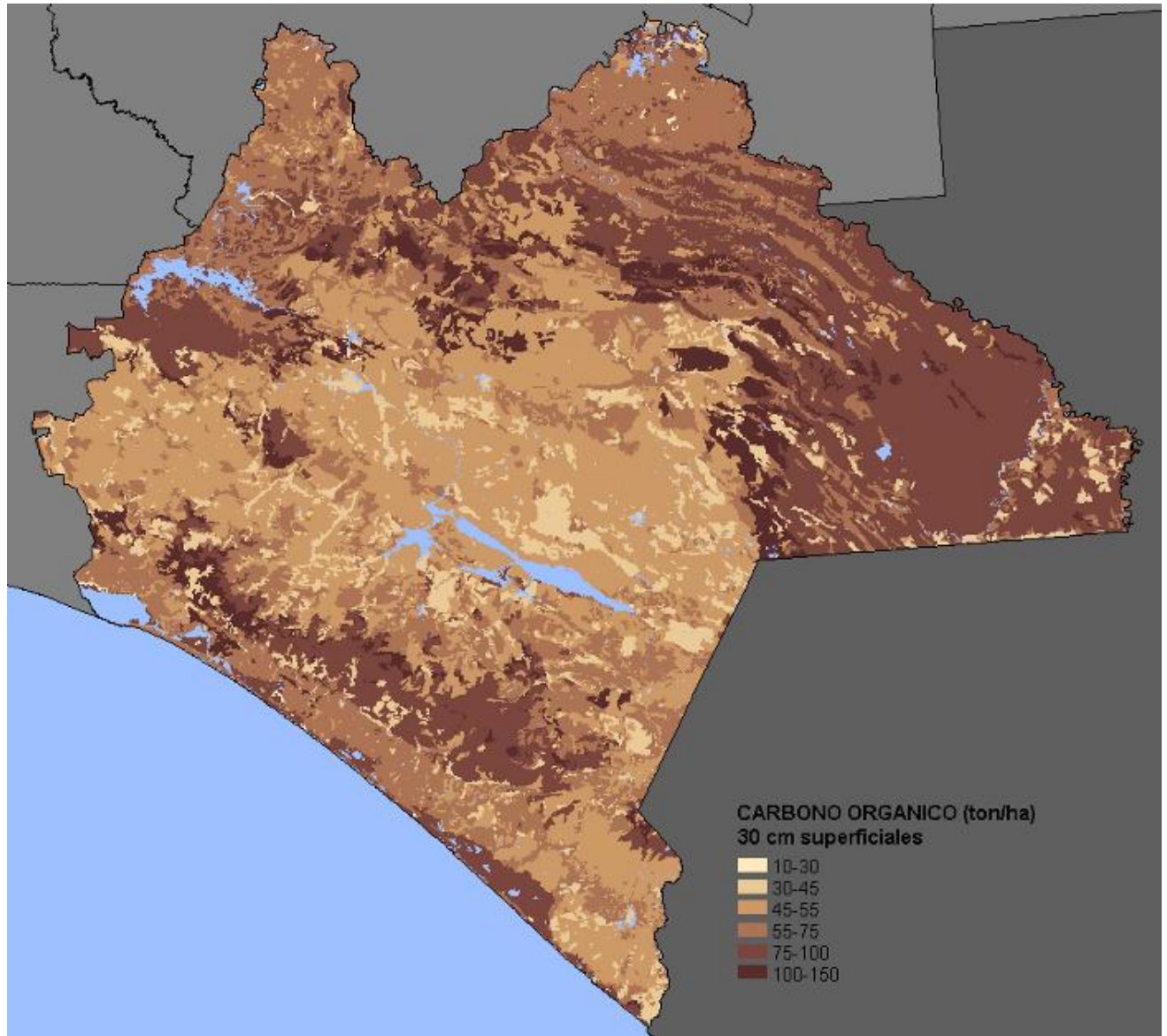


Figura 4. Mapa de COS del estado de Chiapas, estimado a una profundidad de 30 cm.

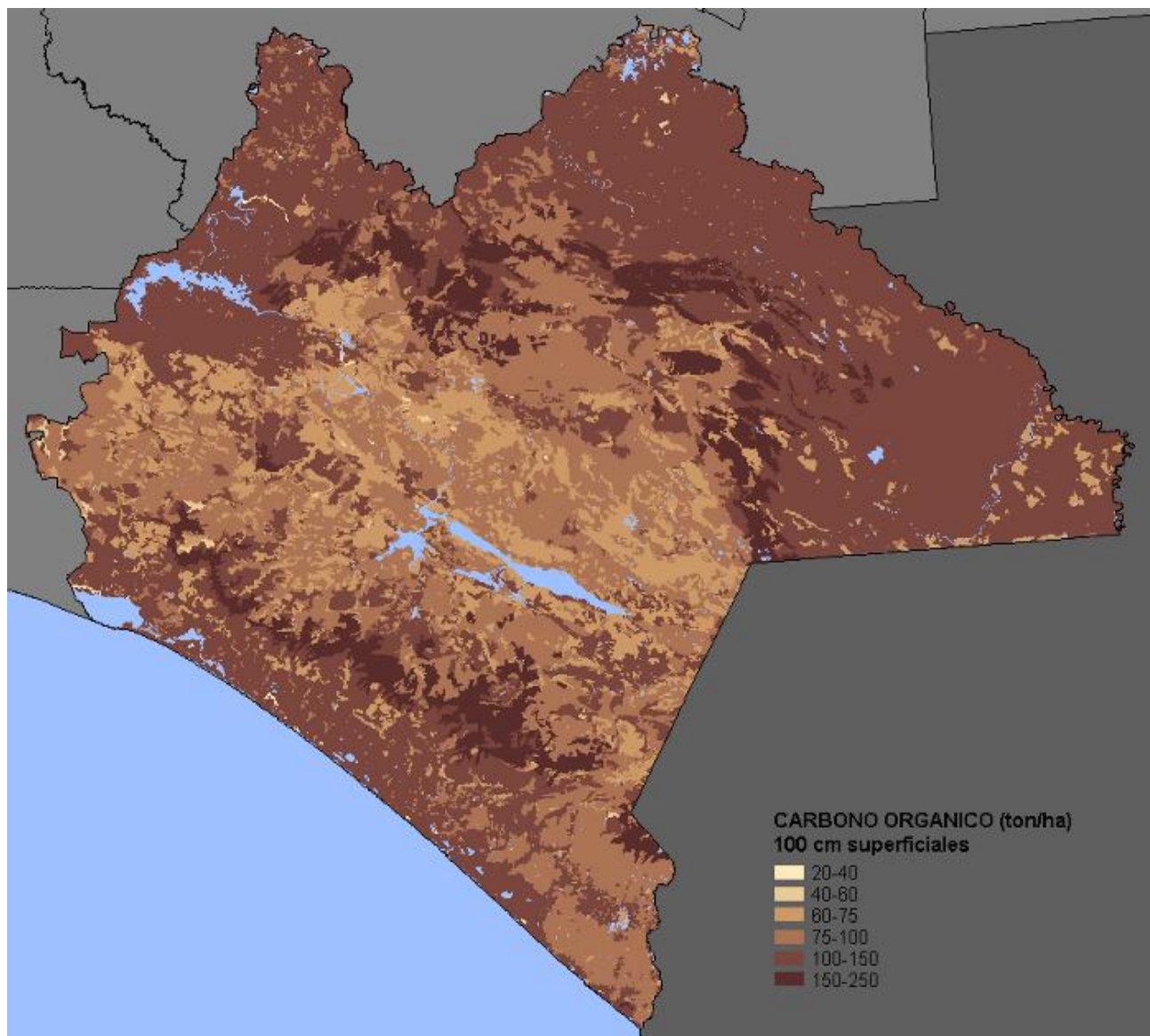


Figura 5. Mapa de COS del estado de Chiapas, estimado a una profundidad de 100 cm.

Finalmente, se agregó el mapa de municipios de Chiapas y se obtuvo la cantidad de COS total (ton) en la entidad y por municipio (Cuadro 12).

Cuadro 12. COS en los municipios de Chiapas.

MUNICIPIO		SUPERFICIE (has)	COS (%)		COS (miles ton)		COS (ton/ha)	
CLAVE	NOMBRE		30 cm	100 cm	30 cm	100 cm	30 cm	100 cm
001	Acacoyagua	26428.54	1.99	1.59	2139.89	3232.86	80.97	122.32
002	Acala	47170.74	1.60	1.36	2199.92	3477.03	46.64	73.71
003	Acapetahua	53803.75	1.97	1.60	3433.65	5443.92	63.82	101.18
004	Altamirano	95314.53	2.15	1.71	6712.89	10723.20	70.43	112.50
005	Amatán	31010.14	2.54	1.99	2330.78	3550.66	75.16	114.50
006	Amatenango de la Frontera	25127.86	1.88	1.54	1444.44	2189.27	57.48	87.13
007	Amatenango del Valle	15391.08	1.69	1.40	754.14	1187.52	49.00	77.16
008	Angel Albino Corzo	58618.85	2.16	1.69	4159.85	6717.46	70.96	114.60
009	Arriaga	68562.61	2.46	2.11	4696.50	6698.37	68.50	97.70
010	Bejucal de Ocampo	8034.76	1.90	1.53	406.99	612.55	50.65	76.24
011	Bella Vista	21441.03	2.09	1.78	1358.07	1980.70	63.34	92.38
012	Berriozábal	35140.34	2.37	2.06	2654.68	3692.87	75.55	105.09
013	Bochil	37921.19	1.98	1.63	2148.16	3218.10	56.65	84.86
014	El Bosque	16813.52	2.37	1.82	1454.92	2441.75	86.53	145.23
015	Cacahoatán	16843.50	2.05	1.59	1118.01	1894.84	66.38	112.50
016	Catazajá	53687.80	2.52	2.17	3541.15	5574.39	65.96	103.83
017	Cintalapa	238138.02	1.98	1.65	14083.85	20948.43	59.14	87.97
018	Coapilla	15458.61	2.06	1.70	1010.56	1537.27	65.37	99.44
019	Comitán de Domínguez	95459.79	1.63	1.35	4566.30	7189.63	47.83	75.32
020	La Concordia	248923.36	1.93	1.56	15249.05	24035.25	61.26	96.56
021	Copainalá	34093.49	2.37	1.98	2232.30	3431.96	65.48	100.66
022	Chalchihuitán	18216.04	2.42	1.86	1535.84	2554.14	84.31	140.21
023	Chamula	34140.72	2.04	1.65	2027.93	3280.34	59.40	96.08
024	Chanal	40592.64	1.96	1.56	2273.58	3539.17	56.01	87.19
025	Chapultenango	17651.24	2.67	2.12	1420.20	2185.29	80.46	123.80
026	Chenalhó	24530.45	2.15	1.69	1629.67	2759.38	66.43	112.49
027	Chiapa de Corzo	85660.55	1.77	1.54	4248.28	6552.11	49.59	76.49

028	Chiapilla	5232.08	1.46	1.21	239.97	416.13	45.86	79.53
029	Chicoasén	11737.07	1.72	1.52	585.62	770.19	49.90	65.62
030	Chicomuselo	99918.69	1.86	1.53	6043.30	9198.91	60.48	92.06
031	Chilón	168366.87	2.49	1.93	14228.04	22139.33	84.51	131.49
032	Escuintla	40673.40	2.18	1.74	3047.87	4682.94	74.94	115.14
033	Francisco León	21187.75	2.64	2.08	1628.92	2492.71	76.88	117.65
034	Frontera Comalapa	75905.31	1.69	1.45	4039.13	6370.81	53.21	83.93
035	Frontera Hidalgo	9318.40	1.55	1.22	441.20	764.20	47.35	82.01
036	La Grandeza	4863.20	1.62	1.32	228.57	362.68	47.00	74.58
037	Huehuetán	30143.38	1.59	1.29	1683.54	2796.33	55.85	92.77
038	Huixtán	31250.05	2.01	1.56	1562.19	2616.35	49.99	83.72
039	Huitiupán	34698.74	2.55	1.99	2809.52	4371.98	80.97	126.00
040	Huixtla	38907.75	1.94	1.57	2343.53	3807.37	60.23	97.86
041	La Independencia	51432.13	1.86	1.50	3527.28	5608.03	68.58	109.04
042	Ixhuatán	10456.08	2.45	1.86	743.23	1211.37	71.08	115.85
043	Ixtacomitán	12750.83	2.65	2.10	932.74	1427.30	73.15	111.94
044	Ixtapa	26445.52	1.79	1.49	1397.16	2175.61	52.83	82.27
045	Ixtapangajoya	10521.87	2.27	1.80	746.54	1153.47	70.95	109.63
046	Jiquipilas	129100.89	1.93	1.59	6855.45	10827.92	53.10	83.87
047	Jitotol	22860.70	2.29	1.82	1555.10	2409.81	68.03	105.41
048	Juárez	73994.47	1.88	1.48	4754.43	7583.02	64.25	102.48
049	Larráinzar	14044.50	2.31	1.78	1196.30	2026.74	85.18	144.31
050	La Libertad	45004.78	2.55	1.86	2982.97	4826.12	66.28	107.24
051	Mapastepec	120941.25	2.42	1.92	9137.22	14222.77	75.55	117.60
052	Las Margaritas	301355.29	2.13	1.69	21818.07	33854.63	72.40	112.34
053	Mazapa de Madero	10885.61	1.87	1.56	611.25	909.12	56.15	83.52
054	Mazatán	38823.26	1.85	1.52	2222.90	3661.12	57.26	94.30
055	Metapa	2474.05	1.50	1.20	121.32	207.15	49.04	83.73
056	Mitontic	4026.09	2.39	1.85	338.18	576.59	84.00	143.21
057	Motozintla	60779.25	1.96	1.58	3610.51	5672.80	59.40	93.33
058	Nicolás Ruíz	3523.52	1.56	1.32	163.15	268.95	46.30	76.33

059	Ocosingo	937231.16	2.48	1.98	80840.21	118868.55	86.25	126.83
060	Ocoatepec	6280.18	2.80	2.12	654.72	1097.87	104.25	174.82
061	Ocozacoautla de Espinosa	204789.93	2.23	1.86	15017.29	21823.53	73.33	106.57
062	Ostuacán	54943.01	2.24	1.78	3801.76	5901.40	69.19	107.41
063	Osumacinta	8233.52	2.41	2.14	576.79	790.47	70.05	96.01
064	Oxchuc	40932.86	1.82	1.47	2146.18	3362.60	52.43	82.15
065	Palenque	292389.38	2.42	1.92	21964.32	33299.15	75.12	113.89
066	Pantelhó	19279.69	2.09	1.64	1190.42	1933.54	61.75	100.29
067	Pantepec	10905.56	2.53	1.94	920.89	1507.92	84.44	138.27
068	Pichucalco	59337.21	1.94	1.54	3722.67	5922.21	62.74	99.81
069	Pijijiapan	172845.84	2.49	2.01	12801.72	19359.38	74.06	112.00
070	El Porvenir	8322.41	1.96	1.57	478.06	772.33	57.44	92.80
071	Villa Comaltitlán	44610.85	2.03	1.65	2852.77	4556.80	63.95	102.15
072	Pueblo Nuevo Solistahuacán	24790.45	2.50	1.93	2231.09	3707.21	90.00	149.54
073	Rayón	6640.99	2.58	1.97	541.54	897.08	81.55	135.08
074	Reforma	42248.68	1.75	1.44	2621.77	4230.29	62.06	100.13
075	Las Rosas	23604.15	1.46	1.20	1078.78	1778.69	45.70	75.36
076	Sabanilla	24374.22	2.18	1.71	1798.27	2779.33	73.78	114.03
077	Salto de Agua	118972.53	2.42	1.91	8901.63	13489.01	74.82	113.38
078	San Cristóbal de las Casas	38924.75	1.77	1.45	1939.53	3046.83	49.83	78.27
079	San Fernando	35901.22	2.19	1.90	2709.69	3654.56	75.48	101.80
080	Siltepec	88673.01	2.28	1.81	6719.28	10614.15	75.78	119.70
081	Simojovel	31191.98	2.43	1.87	2662.39	4418.84	85.35	141.67
082	Sitalá	10559.23	1.90	1.54	547.11	848.21	51.81	80.33
083	Socoltenango	39658.37	1.75	1.48	1871.88	3073.30	47.20	77.49
084	Solosuchiapa	14961.32	2.58	2.03	1116.04	1698.55	74.60	113.53
085	Soyaló	9462.43	1.97	1.70	461.25	703.47	48.75	74.34
086	Suchiapa	27225.85	1.73	1.47	1352.55	2060.68	49.68	75.69
087	Suchiate	23319.10	1.68	1.37	1268.96	2128.50	54.42	91.28
088	Sunuapa	7833.81	2.24	1.78	560.11	863.02	71.50	110.17
089	Tapachula	94568.93	1.72	1.36	5103.49	8642.13	53.97	91.38

090	Tapalapa	6348.36	2.87	2.19	622.77	1022.77	98.10	161.11
091	Tapilula	4253.55	2.05	1.56	277.07	466.44	65.14	109.66
092	Tecpatán	98559.81	2.82	2.25	7162.84	11031.71	72.68	111.93
093	Tenejapa	19265.38	1.98	1.58	1156.63	1956.79	60.04	101.57
094	Teopisca	27988.24	1.86	1.52	1443.54	2220.76	51.58	79.35
096	Tila	79836.85	2.45	1.93	5698.18	8812.45	71.37	110.38
097	Tonalá	157732.60	2.89	2.47	12488.80	17769.59	79.18	112.66
098	Totolapa	15349.80	1.59	1.35	710.94	1119.73	46.32	72.95
099	La Trinitaria	158340.59	1.79	1.48	8731.02	13586.93	55.14	85.81
100	Tumbalá	40176.36	2.54	2.00	3149.61	4781.34	78.39	119.01
101	Tuxtla Gutiérrez	31581.48	1.79	1.59	1470.15	2235.80	46.55	70.79
102	Tuxtla Chico	16237.73	1.48	1.18	831.82	1404.74	51.23	86.51
103	Tuzantán	17045.87	1.55	1.23	860.03	1459.26	50.45	85.61
104	Tzimol	35912.43	1.60	1.37	1677.34	2657.65	46.71	74.00
105	Unión Juárez	5805.99	1.95	1.53	299.15	516.70	51.52	88.99
106	Venustiano Carranza	123496.06	1.66	1.42	5730.14	9344.25	46.40	75.66
107	Villa Corzo	265988.54	2.05	1.66	16046.72	25528.92	60.33	95.98
108	Villaflores	190676.82	1.82	1.51	10519.62	16572.70	55.17	86.92
109	Yajalón	21038.39	2.48	1.90	1543.96	2513.18	73.39	119.46
110	San Lucas	9708.97	1.71	1.46	454.70	707.53	46.83	72.87
111	Zinacantán	19780.99	1.92	1.59	1027.77	1567.73	51.96	79.25
112	San Juan Cancuc	17820.89	2.07	1.62	1065.84	1780.20	59.81	99.89
113	Aldama	2800.87	2.30	1.78	210.49	359.69	75.15	128.42
114	Benemérito de las Américas	104126.17	2.64	2.11	8141.33	11982.20	78.19	115.07
115	Maravilla Tenejapa	63610.92	2.63	2.08	5190.10	7577.61	81.59	119.12
116	Marqués de Comillas	93468.85	2.81	2.27	7558.33	10995.55	80.86	117.64
117	Montecristo de Guerrero	19896.50	2.26	1.68	1620.23	2693.04	81.43	135.35
118	San Andrés Duraznal	4097.31	2.84	2.19	370.92	601.03	90.53	146.69
119	Santiago el Pinar	1656.91	2.21	1.71	134.81	229.32	81.36	138.40

Los municipios con mayor contenido de COS son Ocoatepec, Tapalapa, Pueblo Nuevo Solistahuacán y San Andrés Duraznal con más de 145 ton/ha. Por su parte, los municipios de Ocosingo, Las Margaritas y Palenque concentran el 30% del COS en el estado de Chiapas

El promedio de COS en el suelo para el estado de Chiapas es de 68.38 ton/ha en los primeros 30cm superficiales y de 105.06 ton/ha en el primer metro de profundidad.

El total estimado de COS en el estado de Chiapas es de 489 millones de toneladas para los 30cm superficiales y de 751 millones de toneladas para el primer metro de profundidad. Este estudio incluye una superficie de estudio de 7.15 millones de hectáreas (97.35% de la superficie estatal) excluye áreas con datos poco consistentes de COS, tales como cuerpos de agua y zonas urbanas.

3 REVISIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE LA DENSIDAD DEL COS

Las estimaciones de la densidad del COS (Cuadro 11) se revisaron con relación a la sucesión vegetal (primaria y secundaria). Se encontraron inconsistencias, debido a que la vegetación secundaria tenía un contenido mayor del COS que la primaria. Después de que un bosque primario se convierte a secundario, se espera que el COS disminuya al perder el suelo el COS de la parte lábil (alrededor del 20 %, al menos).

Debido a que los perfiles de suelo tienen error de posicionamiento entre 20 y 30 metros, es factible realizar el ajuste entre la información contenida en la cobertura de Uso del Suelo y Vegetación generada por INEGI y la información derivada por fotointerpretación en una imagen de satélite ortorectificada. Para revisar los errores de asignación de etiquetas a los perfiles de suelo, se planteo un proceso de interpretación a una escala de observación 1:5,000.

Como primer ejemplo, INEGI describe que el perfil 44081 fue muestreado en el año de 1982, que su valor de COS es de 262.22 ton/ha para los 30 cm superficiales y que está ubicado en el municipio de San Andrés Duraznal. La clave asignada para este perfil en la carta de uso del suelo serie I (aplicable para perfiles obtenidos entre 1970 y 1989) es "VSa/BM" la cual se describe como Bosque Mesófilo de Montaña en fase secundaria con estrato dominante arbustivo.

Al realizar el procedimiento de ajuste podemos realizar el siguiente razonamiento:

De acuerdo con la Imagen de Satélite 2009 en una escala de observación 1:5,000, podemos afirmar que el perfil aún se encuentra en la zona de transición, específicamente en un manchón de vegetación arbóreo-arbustivo (Figura 6).

Considerando que la fecha de la imagen es 27 años posterior a la fecha de muestreo podemos interpretar con alta certidumbre que la vegetación encontrada al momento de obtener el valor de COS del perfil de suelo fue de un bosque mesófilo primario. Este ajuste en la fase de vegetación permite reanalizar la base de datos de COS para el estado de Chiapas.

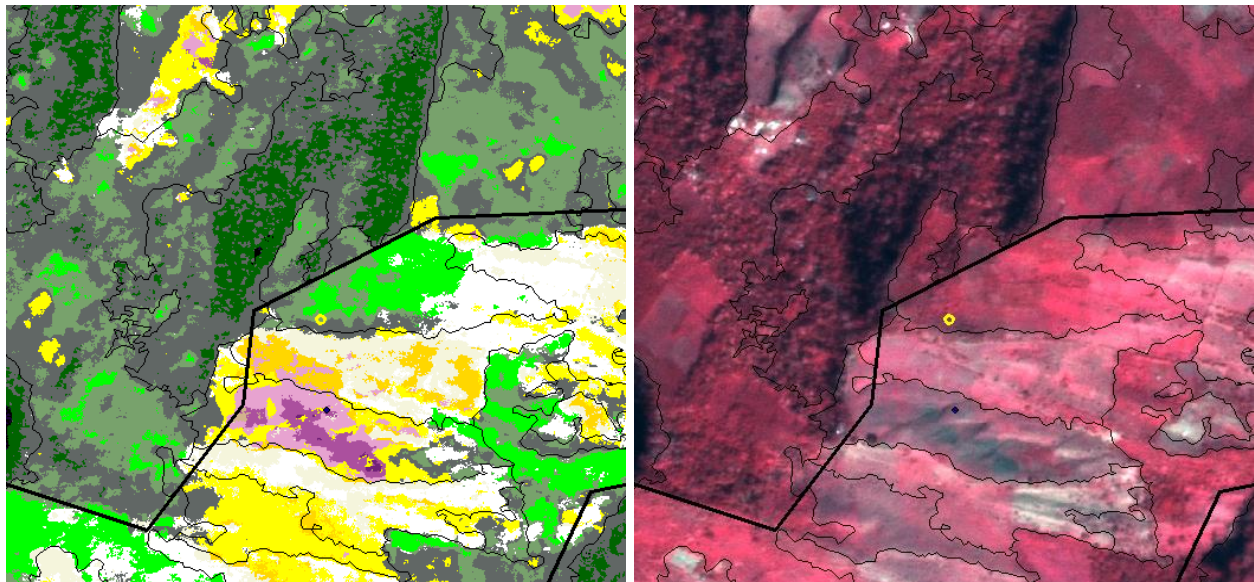


Figura 6. Ajuste de posicionamiento del perfil 44081.

En la Figura 6, el perfil está representado con un círculo amarillo al centro de cada imagen. La línea negra gruesa representa el lindero del polígono según la Carta de Uso del Suelo Serie II de INEGI. La línea delgada representa el límite del polígono obtenido bajo un criterio de representación 1:5,000, obtenida a partir de una clasificación supervisada original (izquierda) que posteriormente fue generalizada y editada por fotointerpretación (derecha). Note que el perfil se encuentra aún en la zona roja oscura (relictos de región arbórea cerrada).

Otro ejemplo de validación es el caso del perfil 44106 el cual fue muestreado en 2004, su valor de COS es de 20.65 ton/ha para los 30 cm superficiales y está ubicado en el municipio de Sitalá. Este perfil está originalmente registrado dentro de un polígono de selva alta perennifolia de fase primaria. Sin embargo, al acercarnos a su posición satelital para el año 2003 observamos con mayor certidumbre que desde entonces la muestra no estaba en el área de selva sino en una pequeña superficie aledaña de pastizal inducido con estrato herbáceo-arbustivo (Figura 7).

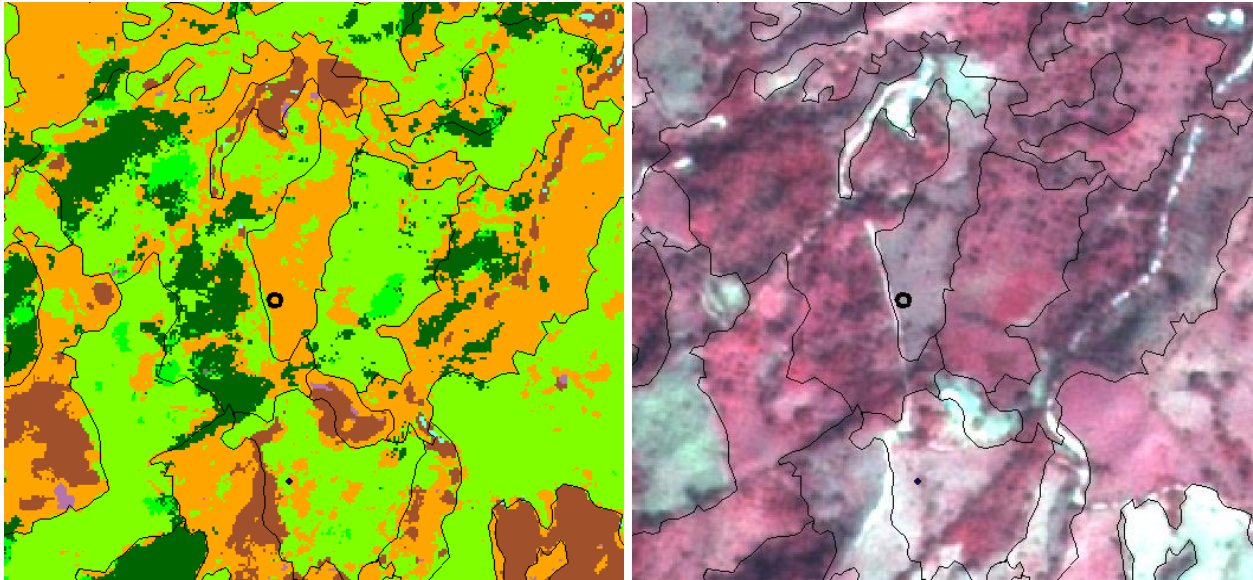


Figura 7. Ajuste de posicionamiento del perfil 44106.

En la Figura 7, el perfil está representado con un círculo negro al centro de cada imagen. No existen linderos de polígonos según la Carta de Uso del Suelo Serie II de INEGI en el área de ilustración. La línea delgada representa el límite del polígono obtenido bajo un criterio de representación 1:5,000, obtenida a partir de una clasificación supervisada original (izquierda) que posteriormente fue generalizada y editada por fotointerpretación (derecha). El perfil se encuentra precisamente en el área de selva desmontada (2003). Se observa además que el pastizal fue recientemente inducido, a diferencia de los pastizales aledaños donde la cobertura vegetal es menor (áreas en color azul claro en la imagen derecha).

Las imágenes también son aplicables para validar las diferencias al interior de un mismo tipo de vegetación o cultivo. Por ejemplo, el contenido de COS en los pastizales cultivados es altamente variable, con extremos de 5.98 hasta 338.26 ton/ha (este último valor refleja más un relicto de vegetación primaria que un uso pecuario). Las causas de estas desviaciones son múltiples y destacan entre ellas el manejo del potrero, la especie cultivada, la salinidad natural y la estabilidad del suelo frente a la erosión.

Estas diferencias se apreciaron y validaron en el proceso de fotointerpretación de la imagen. Al término del procedimiento, se actualizó la base de datos sobre perfiles de suelo y tipo o fase de vegetación (Figura 8).

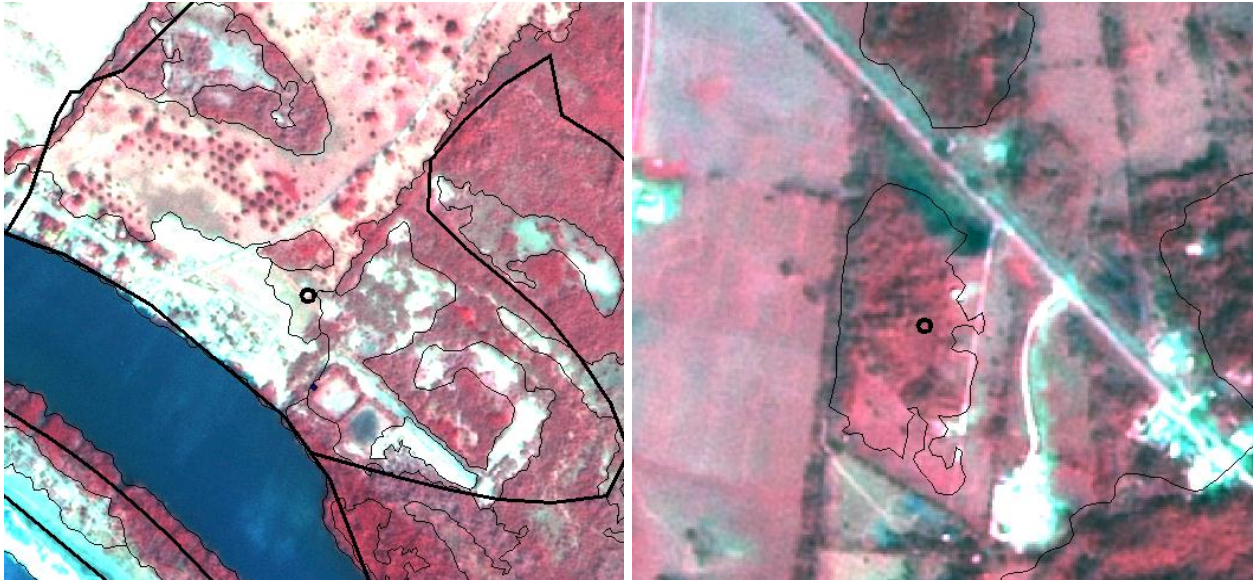


Figura 8. Perfil 2112, ubicado en la costa de Pijijiapan.

con una concentración de COS de 28.2 ton/ha (izquierda). Perfil 46030, marcado originalmente como Pastizal cultivado, en realidad está incluido en un pequeño polígono de selva alta perennifolia aún bien conservada; su concentración de COS es de 141.1 ton/ha (derecha).

Bajo estos criterios de análisis fueron validados 201 perfiles de suelo disponibles al interior de Chiapas y 22 perfiles aledaños al estado en paisajes ecológicos similares, obteniéndose al final la tabla de valores de COS (ton/ha) por perfil de suelo, en los primeros 30 cm de profundidad, la cual es el insumo para calcular posteriormente las concentraciones promedio en los diferentes tipos y fases de la vegetación en el estado de Chiapas.

El Cuadro 13 muestra las estimaciones revisadas del COS para los usos del suelo asociados a los perfiles analizados. En este cuadro se observa que para el caso del Bosque (primario) permaneciendo Bosque (secundario) hay huecos de información. En otros casos las estimaciones del COS no son coherentes con otros análisis realizados a la escala nacional. Por ejemplo, la case IAPF (información agrícola-pecuaria-forestal) tiene valores altos del COS, posiblemente reflejando la situación de que algunos de los perfiles de suelo estuvieron localizados en manchones de vegetación. De esta revisión, es necesario realizar estimaciones para las clases globales de uso del suelo usando la información nacional disponible.

Cuadro 13. Estimaciones revisadas del COS (0-30 cm) para diferentes usos del suelo.

Clase de Uso del Suelo	Sucesión	No.	COS prom (Mg/ha)	COS desvest (Mg/ha)	Sucesión	No.	COS prom (Mg/ha)	COS desvest (Mg/ha)
BOSQUE DE CEDRO	PRIMARIO				SECUNDARIO			
BOSQUE DE OYAMEL	PRIMARIO				SECUNDARIO			
BOSQUE DE PINO	PRIMARIO	10	93.99	54.39	SECUNDARIO			
BOSQUE DE PINO-ENCINO	PRIMARIO	6	125.26	69.28	SECUNDARIO	2	83.17	65.29
BOSQUE DE CONIFERAS		16	105.71	59.97		2	83.17	65.29
BOSQUE DE ENCINO	PRIMARIO	3	146.68	38.99	SECUNDARIO	1	38.38	0.00
BOSQUE DE ENCINO-PINO	PRIMARIO	2	68.47	62.24	SECUNDARIO			
BOSQUE DE ENCINO		5	115.40	48.29		1	38.38	0.00
BOSQUE MESOFILO DE MONTANA	PRIMARIO	8	219.14	125.96	SECUNDARIO	7	91.53	58.94
BOSQUE MESOFILO DE MONTAÑA		8	219.14	125.96		7	91.53	58.94
PRADERA DE ALTA MONTANA	PRIMARIO				SECUNDARIO			
SABANA	PRIMARIO	11	106.87	93.02	SECUNDARIO			
PASTIZAL		11	106.87	93.02		0		
SELVA BAJA CADUCIFOLIA	PRIMARIO				SECUNDARIO	8	87.77	51.72
SELVA CADUCIFOLIA		0				8	87.77	51.72
SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA	PRIMARIO				SECUNDARIO			
SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA	PRIMARIO	2	68.81	11.89	SECUNDARIO			
SELVA ESPINOSA		2	68.81	11.89		0		
SELVA ALTA PERENNIFOLIA	PRIMARIO	28	143.17	70.16	SECUNDARIO	22	92.07	48.30
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	PRIMARIO	2	47.84	20.48	SECUNDARIO			
SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	PRIMARIO				SECUNDARIO	2	46.91	21.14
SELVA PERENNIFOLIA		30	136.81	80.58		24	88.3096	46.03605
SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	PRIMARIO				SECUNDARIO	2	97.79	80.59
SELVA SUBCADUCIFOLIA		0				2	97.79	80.59
SIN VEGETACION APARENTE	NO DISPONIBLE	2	35.19	4.66	NO DISPONIBLE			
SIN VEGETACION APARENTE		2	35.19	4.66		0		

Cuadro 13. Estimaciones revisadas del COS (0-30 cm) para diferentes usos del suelo. Continuación...

Clase de Uso del Suelo	Sucesión	No.	COS prom (Mg/ha)	COS desvest (Mg/ha)	Sucesión	No.	COS prom (Mg/ha)	COS desvest (Mg/ha)
MANGLAR	PRIMARIO	2	316.90	251.50	SECUNDARIO			
POPAL	NO DISPONIBLE	1	115.58		NO DISPONIBLE			
VEGETACION DE GALERIA	PRIMARIO				SECUNDARIO			
TULAR	NO DISPONIBLE	3	102.44	52.98	NO DISPONIBLE			
VEGETACION HIDROFILA		6	176.12	110.32		0		
PALMAR INDUCIDO	NO DISPONIBLE				NO DISPONIBLE			
PASTIZAL INDUCIDO	NO DISPONIBLE	10	77.07	51.76	NO DISPONIBLE			
VEGETACION INDUCIDA		10	77.07	51.76		0		
AGRICULTURA DE RIEGO	NO APLICABLE	3	76.76	50.94	NO APLICABLE			
AGRICULTURA DE TEMPORAL	NO APLICABLE	24	94.09	56.73	NO APLICABLE			
BOSQUE CULTIVADO	NO APLICABLE				NO APLICABLE			
PASTIZAL CULTIVADO	NO APLICABLE	54	92.82	58.39	NO APLICABLE			
INFORMACION AGRICOLA- PECUARIA-FORESTAL (IAPF)		81	92.60	57.62		0		

3.1 Estimación conservadora del COS para las clases de uso del suelo

Para poder realizar estimación desde la perspectiva conservadora (IPPC, 2003), se analizó la base de datos nacional del COS asociado a las diferentes clases de uso del suelo, para usar estos valores en el caso de datos faltantes para Chiapas o para corregir las estimaciones en algunas clases de uso del suelo donde se observaron valores altos del COS.

La Figura 9 muestra la relación entre el COS de clases de usos del suelo (bosques + otros tipos de vegetación) para la situación del estado secundario de sucesión en relación al primario. Se observa que hay una relación estadística adecuada, que refleja un patrón general en el COS del suelo. El valor cercano a 0.8 entre la razón del COS de la vegetación secundaria y la primaria, es similar a la relación entre el COS de la fracción arcilla más limo y el total (F. Mathus, comunicación personal y análisis realizados por los autores para suelos de México) para diferentes tipos de uso del suelo, climas, tipos de suelo y mineralogía de la arcilla. Así, si consideramos que el C estable se encuentra en la fracción arcilla-limo (Hassink y Whitmore, 1997), entonces es esperado que al pasar de un estado sucesional primario a secundario se pierda alrededor del 20 %, en promedio, del COS y el resto sea estable.

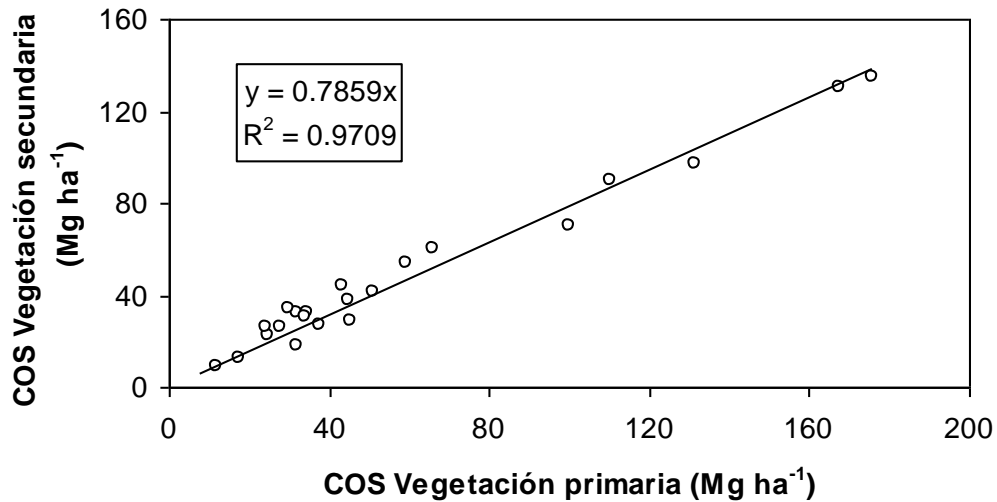


Figura 9. Relación entre el COS de la vegetación primaria y la secundaria para diferentes clases de uso del suelo a nivel nacional.

Los datos de la Figura 9, de la base de perfiles de suelos nacional, fueron seleccionados bajo la consideración de que la clase de uso del suelo tuviera un COS mayor en la fase primaria de la vegetación, en relación a la secundaria. En la mayoría de las clases de uso del suelo de la Figura 9 se contó con al menos 25 datos.

Para analizar la incertidumbre asociada a las estimaciones del COS en las clases de uso del suelo a nivel nacional, se analizó la relación entre el promedio y la desviación estándar (solo los casos donde el COS de la fase primaria fuera mayor a la secundaria). La Figura 10 muestra los resultados obtenidos de este análisis, donde se observa una condición de heterodasticidad (la desviación estándar está linealmente relacionada con el promedio), implicando que mayor contenido de COS, la varianza será mayor, y viceversa.

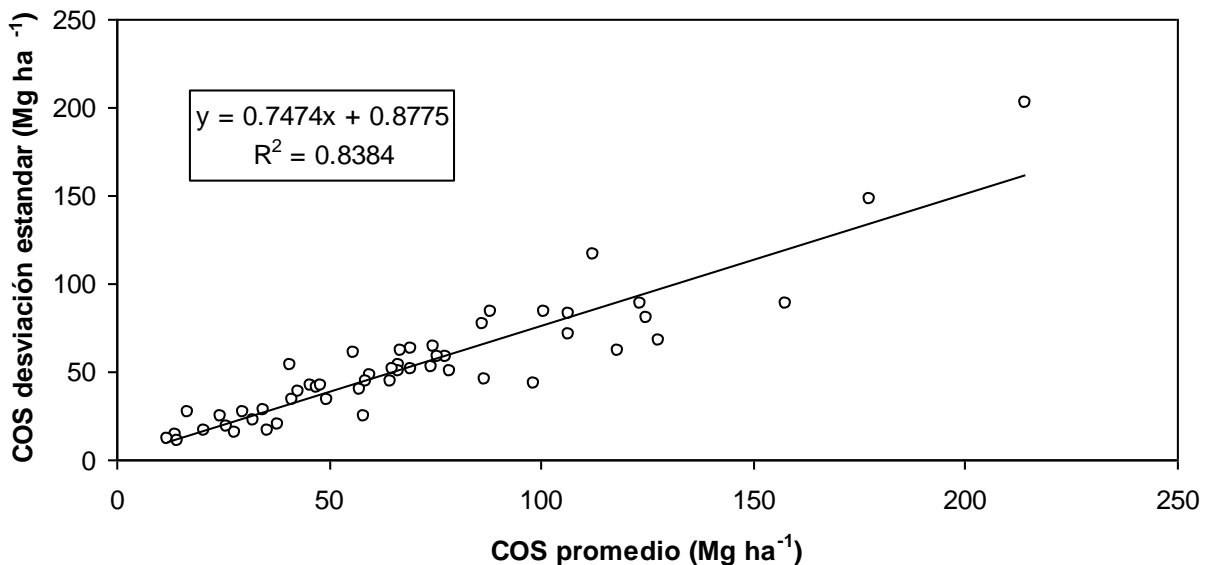


Figura 10. Relación entre el COS promedio y su desviación estándar para diferentes clases de uso del suelo a nivel nacional.

En el caso de las clases de uso del suelo de Chiapas, mismas consideraciones que el caso nacional, la Figura 11 muestra la relación entre el COS promedio y su desviación estándar, donde la relación es similar a la del caso nacional.

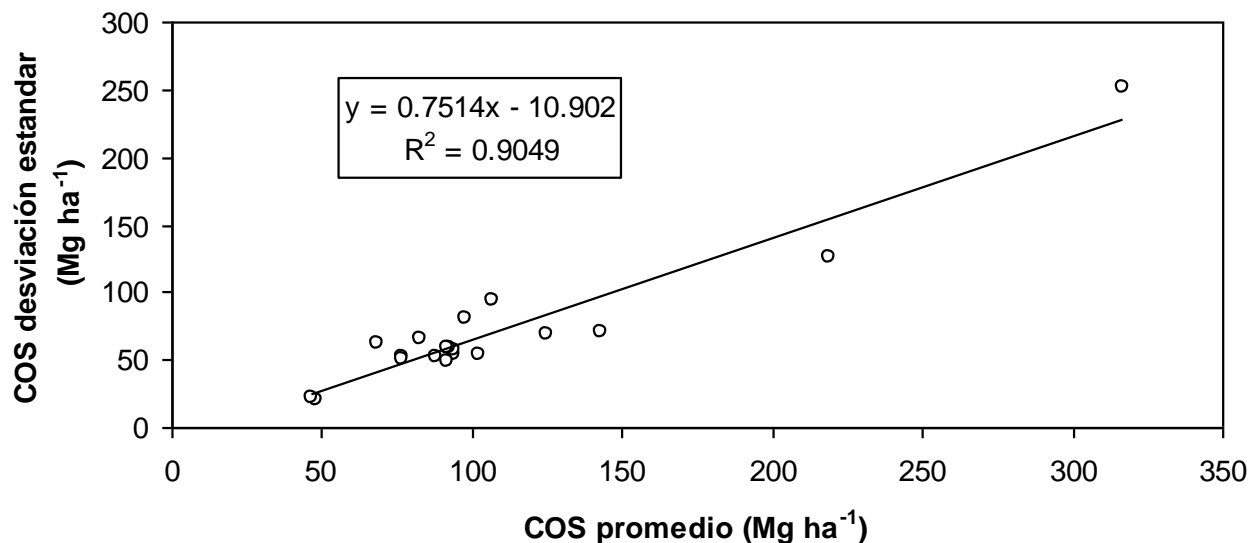


Figura 11. Relacion entre el COS promedio y su desviación estándar para diferentes clases de uso del suelo para Chiapas.

Así, de las relaciones anteriores, se realizo un proceso de ajuste de las estimaciones del COS bajo las siguientes consideraciones:

- Solo se realizaron estimaciones del COS a nivel de clases de uso del suelo agregadas, tal como se muestra el Cuadro 13.
- Para las clases Bosque de Coníferas, Bosque de Encino, Bosque Mesófilo de Montaña, Selva Perennifolia y Vegetación Hidrófila; todas para la fase primaria, se utilizaron los valores estimados en el Cuadro 13.
- Para las clases Selva Caducifolia, Selva Perennifolia y Selva Subcaducifolia; todas para la fase secundaria, se utilizaron los valores estimados en el Cuadro 13.
- Para el resto de las clases de uso del suelo, fase primaria, se usaron los valores del COS de la base nacional. Esto particularmente repercutió en que las clases de No Bosque (Pastizal, Sin Vegetación Aparente, Vegetación Inducida y IAPF) tuvieran asociados valores menores del COS que los mostrados en el Cuadro 13.
- Para la estimación del COS para la vegetación en fase secundaria, donde fue aplicable, se utilizo la relación de la Figura 9. En el caso de datos en la fase

secundaria (Selva Caducifolia y Selva Subcaducifolia), se utilizó la relación inversa de la Figura 9 para estimar el COS de la fase primaria.

- La desviación estándar para clase de uso del suelo, fase primaria y secundaria, fue estimada de la relación mostrada en la Figura 11; a menos que el valor estuviera muy cercano al estimado en el Cuadro 13. En muchos casos, las estimaciones del Cuadro 13 fueron modificadas hacia valores mayores, para tener un escenario conservador de la varianza asociada.

El Cuadro 14 muestra las estimaciones del COS asociadas a las clases de uso del suelo agrupadas para el estado de Chiapas.

Cuadro 14. Estimación del COS para las clases de uso del suelo agrupadas en Chiapas

Clase de Uso del Suelo	Primario		Secundario	
	COS prom (Mg/ha)	COS desvest (Mg/ha)	COS prom (Mg/ha)	COS desvest (Mg/ha)
BOSQUE DE CONIFERAS	105.71	59.97	83.17	51.59
BOSQUE DE ENCINO	115.40	75.81	90.69	57.24
BOSQUE MESOFILO DE MONTAÑA	219.14	153.76	172.22	118.51
SELVA CADUCIFOLIA	111.68	73.02	87.77	51.72
SELVA ESPINOSA	79.42	48.77	62.41	36.00
SELVA PERENNIFOLIA	136.81	91.90	88.31	55.45
SELVA SUBCADUCIFOLIA	124.43	82.60	97.79	62.58
VEGETACION HIDROFILA	176.12	121.43	138.41	93.10
PASTIZAL	44.76	22.73		
VEGETACION INDUCIDA	50.02	26.68		
SIN VEGETACION APARENTE	35.19	15.54		
INFORMACION AGRICOLA-PECUARIA-FORESTAL (IAPF)	47.61	24.87		

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los análisis realizados en este trabajo, plantean la necesidad de contar con información del carbono orgánico en los suelos o COS en conjunto con la de la biomasa aérea. El desacoplamiento de la información del C aéreo y subterráneo generar niveles altos de incertidumbre.

Por otra parte, los resultados de las estimaciones del COS plantean la urgencia de caracterizar algunas clases de uso del suelo sin información, o con pocos datos; además de contar con datos del COS en la fase secundaria de la vegetación.

Aunque parte de la información requerida está en proceso de colecta y análisis de laboratorio, no estuvo disponible para su uso en este estudio, por lo que se espera que cuando sea analizada, cambie el valor de algunas estimaciones.

5 REFERENCIAS

CGG-SAGARPA y COLPOS. 2009. Documento de referencia para la estimación de la erosión actual del suelo en México. Proyecto desarrollado por el Colegio de Postgraduados para la Coordinación General de Ganadería de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, bajo la coordinación de Fernando Paz, con la colaboración de Carlos Omar Cruz, Jesús Argumedo y Víctor Romero del INEGI y Rigoberto Palafox de la CONAFOR, México, D.F., 46 pag. más anexos.

FAO. 2006. *Guidelines for Soil Description*, 2006, Fourth Edition, Rome, Italy. pp 51, table 58 y figure 7.

Hassink, J., and A. P. Whitmore. 1997. A model of the physical protection of organic matter in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 131-139

IPCC. 2003. Intergubernamental Panel on Climate Change. 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.