

# BASE DE DATOS VECTORIALES MULTI-TEMPORALES DE MAPAS DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN ESCALA 1:250 000 DE MÉXICO

## MULTI-TEMPORAL VECTORIAL DATABASE OF LAND USE AND VEGETATION MAPS SCALE 1: 250 000 FROM MEXICO

Fernando Paz<sup>1</sup>, Víctor M. Romero<sup>2</sup>, Jesús Argumedo<sup>2</sup> y Julio Cesar Cabrera<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Avenida Héroe de Nacozari Sur 2301, CP 20276, Aguascalientes, Aguascalientes.

<sup>3</sup> Programa Mexicano del Carbono, Calle Chiconautla No. 8-A, Col. Lomas de Cristo, C.P. 56225, Texcoco, Estado de México

† Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

### RESUMEN

El conocimiento de los patrones espaciales y temporales de las clases de vegetación y uso del suelo, además de otros objetos, permite avanzar sobre la caracterización, modelación y síntesis del ciclo del carbono y sus interacciones en los ecosistemas terrestres del país. En este trabajo se documenta la generación de una base de datos de índices de vegetación espectrales, normalizados y estandarizados, provenientes del sensor MODIS a una resolución espacial de 250 m y temporal de un día. La base de datos comprende el periodo 2000-2017 y está desarrollada a nivel píxel (250 m x 250 m) y ventana temporal de 10 días. Los procesos e insumos de la base de datos, escala estatal con cobertura nacional, se discuten en este trabajo, con la finalidad de contar con elementos necesarios para el uso de la información generada.

**Palabras clave:** MODIS; IVISn; IV\_PELANA; IVFF.

### ABSTRACT

The knowledge of the spatial and temporal patterns of vegetation and land use classes, as well as other objects, allows us to advance on the characterization, modeling and synthesis of the carbon cycle and its interactions in the terrestrial ecosystems of the country. This paper documents the generation of a database of normalized and standardized spectral vegetation indices from the MODIS sensor at a spatial resolution of 250 m and a one-day temporal. The database includes the period 2000-2017 and is developed at the pixel level (250 m x 250 m) and a 10-day window. The processes and inputs of the database, state scale with national coverage, are discussed in this work, to have the necessary elements for the use of the generated information.

**Key words:** MODIS; IVISn; IV\_PELANA; IVFF

## INTRODUCCIÓN

El análisis de cambios en la cobertura terrestre es importante para evaluar los impactos en los ecosistemas terrestres. Los mapas de uso del suelo y vegetación (USyV) generalmente se desarrollan mediante el uso de imágenes satelitales y procesos de interpretación de sus rasgos, los cuales pueden ser visuales, automáticos o híbridos. Los patrones temporales de los datos espectrales pueden usarse para el desarrollo de algoritmos de clasificación de la vegetación (Running *et al.*, 1995).

En México se han propuesto esquemas de análisis de la cobertura terrestre basados en procesos automáticos de clasificación (Gebhardt *et al.*, 2014), lo que se ha criticado porque se basan en evaluaciones sesgadas de exactitud y confiabilidad, además de presentar restricciones en su uso para evaluar cambios entre clases en el tiempo (Mas *et al.*, 2016). El uso de métodos de clasificación visual de clases de la vegetación y usos del suelo se ha considerado como poco confiable, aunque algunas las evaluaciones muestran que la exactitud es comparable, o mejor, que el uso de procesos automáticos de clasificación (Palacio-Prieto y Luna-González, 1994; Mas y Ramírez, 1996). Ante los problemas asociados a la subjetividad en la clasificación visual de imágenes de satélite, se han propuesto esquemas híbridos (segmentación/clasificación automática inicial de imágenes e interpretación visual para ajustes) para un mejor proceso de clasificación (Mas *et al.*, 2016 y 2017). A nivel internacional existen esquemas de clasificación funcionales desarrollados usando interpretación visual de imágenes satelitales y experiencia de los interpretadores (Di Gregorio y Latham, 2003; Feranec *et al.*, 2007).

Los mapas de uso del suelo y vegetación generados en México por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), con procesos de interpretación visual y experiencia de interpretadores de procesos a escala regional, han sido insumos para el desarrollo de modelos de cambios en la cobertura terrestre y generación de proyecciones de escenarios futuros (Torres-Rojo *et al.*, 2016; Mendoza-Ponce *et al.*, 2018), así como para el análisis de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) producto de cambios en las clases de USyV (de Jong *et al.*, 2006, 2009 y 2010), por lo que son un insumo en los inventarios estatales, regionales y nacionales de GEI. Considerando los usos y características de los mapas de USyV del INEGI, se contemplan como Información de Interés Nacional en México (DOF, 2013).

Un mapa nacional de clases de USyV asociado al Inventario Nacional Forestal (IFN) del 2000 (Palacio-Prieto *et al.*, 2000) se ha validado con datos de campo para estimar su exactitud y confiabilidad (Couturier y Mas, 2009; Mas *et al.*, 2009), lo que representa una significativa diferencia con los mapas de USyV del INEGI que solo presentan información de la unidad mínima de mapeo (UMM) como único dato de incertidumbre (Couturier *et al.*, 2012), por lo que los usuarios de estos productos no tienen información sobre la confusión de las clases usadas y deben considerar que errores son despreciables (Couturier y Mas, 2009).

El análisis histórico de los cambios en las clases de vegetación en México, particularmente de bosque a no bosque, muestra notorias diferencias (Velázquez, 2008; Mas *et al.*, 2009; Couturier *et al.*, 2012), las cuales pueden atribuirse a las diferentes escalas, sistemas de clasificación e insumos usados (Mas y Fernández, 2003). El uso del mapa del IFN y de las series del INEGI de USyV es un insumo normal en las diferentes evaluaciones nacionales realizadas en México para el análisis de los cambios en los ecosistemas terrestres (Velázquez *et al.*, 2002; Mas y Fernández, 2003; Mas *et al.*, 2004; Couturier y Mas, 2009; Mas *et al.*, 2009; Velázquez *et al.*, 2010; Couturier *et al.*, 2012; Victoria-Hernández *et al.*, 2013; Rosete-Verges *et al.*, 2014); aunque el uso de mapas de USyV sin evaluación de su incertidumbre puede conducir a errores de estimación importantes en las tasas de cambio (Mas y Fernández, 2003; Mas *et al.*, 2004; Couturier y Mas, 2009; Mas *et al.*, 2009; Couturier *et al.*, 2012), por lo que se debe tener cuidado en la interpretación de los valores obtenidos con el uso de mapas temporales de clases de USyV.

Las series de mapas de USyV del INEGI (1976, 1993, 2002, 2007, 2011 y 2014) a escala 1:250 000, presentan vacíos de información antes del 2002, además de que no están actualizadas. En esta perspectiva, el objetivo de este trabajo es documentar y poner a disposición del público en general mapas de USyV para los años 1999, 2014 y 2016; además de corregir el mapa del 2002 del INEGI, que tiene problemas de desfase espacial en los polígonos de las clases de USyV. La serie multi-temporal, sin considerar el mapa de 1976, se analiza con relación al número de polígonos y sus dimensiones de las clases de USyV utilizadas. Las bases de datos vectoriales que se discuten en este trabajo se encuentran disponibles en un sitio de descarga, para su uso por la comunidad científica y público en general de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Series de mapas USyV del INEGI

El INEGI ha generado seis series de mapas vectoriales de USyV y vegetación con diferentes años base: Serie 1, año 1985 (INEGI, 1985) – de acuerdo con Mas *et al.* (2012), el año base debe ser 1976, el cual

es el promedio de los años de las fotografías aéreas que se usaron; Serie 2, año 1993 (INEGI, 2002); Serie 3, año 2002 (INEGI, 2005a); Serie 4, año 2007 (INEGI, 2010); Serie 5, año 2011 (INEGI, 2013a) y Serie 6, año 2014 (INEGI, 2017a).

La Figura 1 muestra los insumos y periodos asociados a la generación de las series de USyV del INEGI.

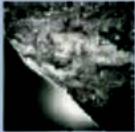
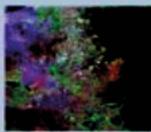
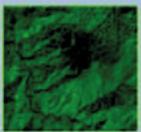
	SERIE I	SERIE II	SERIE III	SERIE IV	SERIE V	SERIE VI
Periodo de Elaboración	1978-1991	1995-2000	2002-2005	2007-2010	2011-2014	2015-2017
Fecha de datos de campo	1978-1990	1996 - 1999	2002-2003	2007-2008	2012-2013	2015
Año de referencia de la información	1985	1993	2002	2007	2011	2014
Escala	1:250,000	1:250,000	1:250,000	1:250,000	1:250,000	1:250 000
Imágenes						
Datos	Fotografías Aéreas	Espacio mapas Impresos	LANDSAT TM (30m)	SPOT 5 (10m)	LANDSAT 5 TM (30m)	LANDSAT 8 (30m)
Metodología	Producto Mapa Analógico	Producto Mapa Analógico	Información digital	Información digital	Información digital	Información digital
Información	Analógica	5 capas	14 capas	13 capas	13 capas	15 capas

Figura 1. Características, periodos e insumos de las series de mapas de USyV del INEGI (Fuente: INEGI, 2017c).

El INEGI utiliza un sistema de clasificación de la vegetación basado en 58 tipos de vegetación y 12 ecosistemas vegetales (grupos de vegetación) (INEGI, 2017c). El sistema de vegetación del INEGI (1980) es la fuente de las clases establecidas en los mapas de USyV. Adicionalmente a las clases de vegetación, el INEGI define clases de la información agrícola y complementaria. En el Cuadro 1 se muestran las clases de los mapas de USyV, junto con los intervalos de alturas de las clases de vegetación y el tipo de sucesión/perturbación aplicable a las clases. El INEGI define las clases de vegetación en dos categorías: primaria y secundaria. La vegetación primaria no ha sufrido

perturbaciones y se encuentra en su condición original. La vegetación secundaria se refiere a vegetación que ha sufrido perturbaciones, antrópicas o naturales, por lo que su estructura o composición ha experimentado cambios. En el concepto de sucesión vegetal, el INEGI define tres etapas: vegetación herbácea (letra h), vegetación arbustiva (letra a) y vegetación arbórea (letra A). Las letras describiendo el estado de la sucesión/perturbación se asocian al término VS (*i.e.* VSA, VSA, VSh), que significa Vegetación Secundaria.

De acuerdo con el Cuadro 1, el número de clases de Uso del Suelo y Vegetación (incluida la información agrícola y complementaria) es 70.

**Cuadro 1. Tipos de vegetación y usos del suelo, y otros rasgos, además de intervalos de alturas y estados de sucesión/perturbación.**

Tipo de Información	Grupos de Vegetación / Agroecosistemas / Otros	Tipo de Vegetación	Intervalo de Alturas (m)	Clave	Sucesión/Perturbación			
					A	a	h	
Información ecológica, florística y fisonómica	Bosque de Coníferas	Bosque de Ayarín	15-40	BS	1	1	1	
		Bosque de Cedro	15-35	BB	1	1	1	
		Bosque de Oyamel	15-30	BA	1	1	1	
		Bosque de Pino	15-30	BP	1	1	1	
		Bosque de Pino-Encino	8-35	BPQ	1	1	1	
		Bosque de Táscate	8-15	BJ	1	1	1	
		Matorral de Coníferas	01-5	MJ	0	1	1	
		Bosque de Encino	Bosque de Encino	4-30	BQ	1	1	1
			Bosque de Encino-Pino	8-35	BQP	1	1	1
	Bosque Mesófilo de Montaña	Bosque Mesófilo de Montaña	10-25	BM	1	1	1	
	Selva Perennifolia	Selva Alta Perennifolia	> 30	SAP	1	1	1	
		Selva Alta Subperennifolia	> 30	SAQ	1	1	1	
		Selva Mediana Perennifolia	20-30	SMP	1	1	1	
Selva Mediana Subperennifolia		25-30	SMQ	1	1	1		
	Selva Baja Perennifolia	4-15	SBP	1	1	1		

A = arbórea, a = arbustiva, h = herbácea; Asociados: 0 = no aplica y 1 = si aplica.

Continuación Cuadro 1...

Tipo de Información	Grupos de Vegetación / Agroecosistemas / Otros	Tipo de Vegetación	Intervalo de Alturas (m)	Clave	Sucesión/Perturbación		
					A	a	h
Información ecológica, florística y fisonómica	Selva Perennifolia	Selva Baja Subperennifolia	4-15	SBPQ	1	1	1
	Selva Subcaducifolia	Selva Mediana Subcaducifolia	15-30	SMS	1	1	1
		Selva Baja Subcaducifolia	4-15	SBS	1	1	1
	Selva Caducifolia	Selva Mediana Caducifolia	15-20	SMC	1	1	1
		Selva Baja Caducifolia	4-15	SBC	1	1	1
		Matorral Subtropical	02-4	MST	1	1	1
	Selva Espinosa	Selva Baja Espinosa Caducifolia	08-10	SBK	1	1	1
		Selva Baja Espinosa Subperennifolia	05-11	SBQ	1	1	1
		Mezquital Tropical	05-10	MKE	1	1	1
	Pastizal	Pastizal Natural	0.2-0.7	PN	0	1	1
		Pastizal Halófilo	0.4-0.7	PH	0	1	1
		Pastizal Gipsófilo		PY	0	1	1
		Pradera de Alta Montaña	< 1	VW	0	1	1
		Sabana	3-6 (arbóreo)	VS	1	1	1

A = arbórea, a = arbustiva, h = herbácea; Asociados: 0 = no aplica y 1 = si aplica.

Tipo de Información	Grupos de Vegetación / Agroecosistemas / Otros	Tipo de Vegetación	Intervalo de Alturas (m)	Clave	Sucesión/Perturbación		
					A	a	h
Información ecológica, florística y fisonómica	Matorral Xerófilo	Vegetación de Desiertos Arenosos		VD	0	1	1
		Vegetación Gipsófila		VY	0	1	1
		Vegetación Halófila		VH	0	1	1
		Matorral Desértico Micrófilo	0.5-1.5	MDM	0	1	1
		Matorral Desértico Rosetófilo	0.5-0.7	MDR	0	1	1
		Matorral Crasicaule	02-4	MC	1	1	1
		Matorral Sarcocaulo		MSC	0	1	1
		Matorral Sarcocrasicaule		MSCC	0	1	1
		Matorral Sarcocrasicaule de Neblina		MSN	0	1	1
		Matorral Rosetófilo Costero	0.2-0.4	MRC	0	1	1
		Matorral Espinoso Tamaulipeco	1.5-2	MET	1	1	1
		Matorral Submontano	2.5-5	MSM	1	1	1
		Chaparral	01-4	ML	0	1	1
Mezquital Xerófilo		MKX	0	1	1		

A = arbórea, a = arbustiva, h = herbácea; Asociados: 0 = no aplica y 1 = si aplica.

Continuación Cuadro 1...

Tipo de Información	Grupos de Vegetación / Agroecosistemas / Otros	Tipo de Vegetación	Intervalo de Alturas (m)	Clave	Sucesión/Perturbación		
					A	a	h
Información ecológica, florística y fisonómica	Vegetación Hidrófila	Selva de Galería	7	SG	1	1	1
		Bosque de Galería	4-30	BG	1	1	1
		Vegetación de Galería	01-2	VG	0	1	1
		Manglar	1-30	VM	1	1	1
		Popal	01-2	VA	0	0	0
		Tular	0.8-2,5	VT	0	0	0
		Vegetación de Petén	08-12	VPT	1	1	1
		Vegetación Halófila-Hidrófila		VHH	0	1	1
	Otros Tipos de Vegetación	Bosque de Mezquite	5-20	MK	1	1	1
		Vegetación de Dunas Costeras		VU	0	1	1
		Palmar Natural	5-30	VP	1	1	1
	Vegetación Inducida	Pastizal Inducido		PI	0	0	0
		Sabanoide		VSI	0	0	0
Palmar Inducido			VPI	0	0	0	
Bosque Inducido			BI	0	0	0	
Información agrícola, pecuaria y forestal	Agroecosistemas	Acuícola		ACUI	0	0	0
		Agricultura de humedad		H (inicial)	0	0	0

A = arbórea, a = arbustiva, h = herbácea; Asociados: 0 = no aplica y 1 = si aplica.

Tipo de Información	Grupos de Vegetación / Agroecosistemas / Otros	Tipo de Vegetación	Intervalo de Alturas (m)	Clave	Sucesión/Perturbación		
					A	a	h
Información agrícola, pecuaria y forestal	Agroecosistemas	Agricultura de riego		R (inicial)	0	0	0
		Agricultura de temporal		T (inicial)	0	0	0
		Bosque cultivado		BC	0	0	0
		Pastizal cultivado		PC	0	0	0
Información Complementaria	Otros Rasgos	Desprovisto de vegetación		ADV	0	0	0
		Asentamientos humanos		AH	0	0	0
		Cuerpos de agua		H2O	0	0	0
		País extranjero		P/E	0	0	0
		Zona urbana		ZU	0	0	0
		Sin vegetación aparente		DV	0	0	0

A = arbórea, a = arbustiva, h = herbácea; Asociados: 0 = no aplica y 1 = si aplica.

Con relación a la altura de la vegetación, el INEGI utiliza los términos definidos en el Cuadro 2, adicionalmente, clasifica la cobertura aérea de la vegetación de acuerdo con el Cuadro 3. Así, el tipo de

vegetación bosque/selva se refiere a vegetación arbórea con un mínimo de 4 m de altura y una cobertura aérea del 10% o mayor, en donde el mínimo define si la clase es vegetación o no (Cuadro 1).

**Cuadro 2. Clases de altura del INEGI.**

Tipo vegetación	Término	Altura (m)
Arbóreo	Alto	> 30
	Mediano	$15 \leq \text{Altura} \leq 30$
	Bajo	$4 \leq \text{Altura} \leq 15$
Arbustivo	Ninguno	< 4
Herbáceo	Ninguno	< 2

**Cuadro 3. Clases de cobertura aérea.**

Término	Cobertura aérea (%)
Cerrado	> 40
Abierto	10 - 40
Sin cobertura	< 10

Las clases de vegetación del INEGI asociadas a las series de mapas de USyV están documentadas en: Serie 1 y 2 (INEGI, 2005b), Serie 3 (INEGI, 2009a), Serie 4 (INEGI, 2012a), Serie 5 (INEGI, 2014) y Serie 6 (INEGI, 2017b).

Como parte del Sistema Nacional de Información Geográfica del INEGI, el instituto documenta las bases de datos vectorial (INEGI, 1997 y 2000) de acuerdo con su modelo de datos (INEGI, 1993), generando diferentes versiones de diccionario de datos de USyV (INEGI, 2007, 2009b y 2013). Los diccionarios de datos documentan las entidades/objetos y sus atributos, restricciones de integridad, relaciones y dimensión(es) mínima(s).

Las superficies mínimas nominales de los polígonos (INEGI, 2013) son: tipo de agricultura (25 ha), tipo de vegetación (50 ha) y otros rasgos (100 ha).

### Series de mapas USyV del PMC

El Programa Mexicano del Carbono (PMC) inicio en el 2015 los trabajos para generar mapas de USyV *sensu* INEGI, para contar con series temporales para el análisis de cambios en los ecosistemas terrestres, particularmente asociados al ciclo del carbono y sus interacciones.

Con respecto al sistema de clasificación de USyV del INEGI, dada su aparente complejidad, se han

propuesto esquemas que reducen estas clases en los análisis de los mapas de USyV (Couturier y Mas, 2009; Couturier *et al.*, 2012; Gebhardt *et al.*, 2014 y 2015) y su desarrollo (Palacio-Prieto *et al.*, 2000). Este tipo de esquema agrupa las clases del INEGI para generar nuevas clases y simplificar los procesos de análisis y clasificación, pero pierde resolución asociada a los tipos de vegetación y usos del suelo originales.

Para evitar decisiones *a priori* de agrupar las clases de USyV, se decidió utilizar el mismo sistema de clasificación del INEGI, de modo que las clases en los análisis fueran interoperables. Las series que se plantearon para su desarrollo fueron: Serie 2.5, año base 1999; Serie 6, año base 2014 y Serie 6.5, año base 2016. En la Figura 2 se muestran las características, insumos y periodos, de las series generadas por el PMC. Aunque el INEGI liberó posteriormente la Serie 6 (INEGI, 2017a), la serie del PMC se liberó un año antes para uso interno.

Como parte de la estrategia de desarrollo de las series del PMC, se decidió replicar los procedimientos metodológicos del INEGI para la generación de series de mapas USyV (INEGI, 2008 y 2012b), de modo que los productos fueran interoperables a escala nacional, el trabajo estuvo a cargo de personal con experiencia similar a los especialistas de INEGI de las diferentes regiones del país (Figura 3).

Serie	Tipo de escena	Periodo del satélite	Periodo de verificación	Digitalización (periodo base)
2.5	Landsat TM5	1999	2016-2017	2017
6	Landsat-8	2014	2014	2015-2016
6.5	Sentinel-2	2017	2016	2017

Landsat-TM5	Landsat-8	Sentinel-2
		

Figura 2. Características, periodos e insumos de las series de mapas de USyV del PMC. Las imágenes de satélite son de la ciudad de Aguascalientes, Aguascalientes, México.



**Figura 3. Regionalización del país para generar los mapas de USyV del PMC.**

La Figura 4 muestra el proceso de generación de los mapas de USyV de las series del PMC. La documentación de la metodología utilizada en la generación de los mapas (PMC, 2017a), así como la

descripción de las clases (PMC, 2016) y el diccionario de datos (PMC, 2017b) están disponibles en el sitio de descarga de los mapas de USyV, el cual se discute más adelante.



**Figura 4. Proceso de generación de los mapas de USyV del PMC.**

**Cuadro 4. Número de polígonos de las series.**

<b>Serie</b>	<b>Fuente</b>	<b>No. de Polígonos</b>
2	INEGI	114 197
2.5	PMC	110 003
3	INEGI	114 283
4	INEGI	119 532
5	INEGI	120 295
6	PMC	146 332
6.5	PMC	121 080

En el Cuadro 5 se muestra un análisis del número de polígonos, las superficies mínimas, el promedio de los grupos de vegetación y otros tipos de información. En el Cuadro 6 se muestra la misma información, pero por tipos de vegetación, agricultura y otros rasgos.

De los Cuadros 5 y 6, se desprende que número y dimensiones de los polígonos varía en función de los grupos y tipos de vegetación, así como de otra información, por lo que contiene diferencias en su resolución espacial y no concuerda con las dimensiones mínimas nominales definidas para las series. El uso

de diferentes resoluciones espaciales en las distintas series del INEGI y PMC puede ocasionar problemas en el análisis de cambios de USyV (Mas y Fernandez, 2003), por lo que es necesario tener precaución en la interpretación. Los Cuadros 5 y 6 ofrecen una aproximación al proceso de interpretación espacial de los especialistas, asociada a la resolución espacial de los insumos utilizados.

Un archivo detallado (número, superficies: mínima, máxima, promedio, mediana, desviación estándar) está disponible en el sitio de descarga de las series de USyV.

**Cuadro 5. Análisis de los polígonos asociados a los grupos de vegetación y otros tipos de información de las series del INEGI y PMC.**

Grupo de vegetación	Serie 2			Serie 2.5			Serie 3		
	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)
Bosque de coníferas	8284	7.0	1544.6	8141	30.2	1562.1	8645	8.1	1307.5
Bosque de encino	11511	8.6	954.5	11320	50.1	980.5	11434	10.0	872.7
Bosque mesófilo de montaña	979	37.1	1047.2	963	50.5	987.5	1002	8.4	877.1
Selva perennifolia	3371	9.1	1060.9	3358	48.9	1010.8	3396	6.3	922.7
Selva subcaducifolia	1595	7.8	370.6	1470	50.3	429.9	1529	6.9	300.3
Selva caducifolia	7043	6.7	1152.5	6927	50.1	1203.8	7014	7.1	1115.5
Selva espinosa	1875	11.0	415.5	1850	44.4	429.4	1998	6.7	415.1
Vegetación hidrófila	2791	6.6	951.3	2449	13.0	1073.5	2996	6.3	836.8
Otros tipos de vegetación	697	8.8	721.8	699	47.9	595.8	748	7.6	536.7
Matorral xerófilo	17272	6.7	3110.1	16781	43.4	3205.2	16427	6.5	3223.5
Pastizal	5998	6.4	1423.4	5899	50.0	1449.2	5996	6.5	1405.7
Vegetación inducida	12741	7.3	509.7	11748	50.0	557.7	11577	6.3	569.1
Información agrícola pecuaria forestal	30389	7.3	1331.8	28594	23.0	1445.2	28551	6.3	1518.2
Información complementaria	9651	6.3	390.0	9804	6.3	389.5	12970	6.3	300.6

Serie 4			Serie 5			Serie 6			Serie 6.5		
No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)
9184	7.1	1172.8	9135	27.9	1192.5	11130	6.5	963.2	9123	8.6	1175.4
11839	7.7	813.9	11762	10.5	835.9	13762	6.5	698.3	11800	7.0	816.6
1092	15.3	786.0	1087	31.1	798.0	1418	6.3	602.8	1089	31.1	796.6
4040	6.3	733.6	3908	6.3	727.1	6412	6.3	445.2	3922	6.3	724.5
1612	8.1	293.8	1523	9.1	285.1	2469	6.3	176.8	1529	6.6	281.9
6898	6.8	1075.5	6880	7.1	1075.0	9854	6.5	750.9	6925	6.3	1063.9
1993	6.3	408.3	1922	9.3	451.5	2386	8.2	364.1	1925	6.7	450.8
3206	6.3	770.9	3096	6.3	803.0	3435	6.3	723.8	3129	6.3	794.7
767	10.4	537.3	744	10.4	533.2	785	10.4	504.2	748	10.4	529.6
16556	6.5	3146.0	16403	6.5	3167.7	23517	6.5	2209.6	16546	6.3	3139.7
6027	6.5	1338.9	6038	6.5	1317.3	7374	6.5	1079.1	6061	6.5	1312.2
11351	6.3	553.3	10949	6.3	571.4	11657	6.3	537.5	10970	6.3	571.2
29377	6.3	1537.0	29706	6.6	1538.5	34903	6.3	1309.2	29792	6.6	1533.4
15590	6.3	275.7	17142	6.3	269.7	17230	6.3	268.3	17521	6.3	264.0

**Cuadro 6. Análisis de los polígonos asociados a los tipos de vegetación y otros tipos de información de las series del INEGI y PMC.**

Tipo de vegetación / agricultura / otros	Serie 2			Serie 2.5			Serie 3		
	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)
Bosque de ayarín	63	53.5	451.6	62	53.5	443.1	63	53.5	450.8
Bosque de cedro	3	229.4	698.6	3	192.2	651.6	3	167.8	714.5
Bosque de oyamel	197	20.7	704.7	183	51.2	762.7	191	51.2	666.9
Bosque de pino	3285	7.0	1758.6	3217	50.3	1784.8	3291	31.6	1602.4
Bosque de pino-encino	4226	11.3	1582.3	4179	30.2	1588.4	4615	8.1	1246.9
Bosque de táscate	508	16.0	324.8	495	50.3	344.7	479	50.6	359.1
Matorral de coníferas	2	263.7	455.6	2	323.9	510.3	3	64.0	259.2
Bosque de encino	8125	8.6	948.6	7976	50.1	975.5	8084	10.5	856.0
Bosque de encino-pino	3386	13.9	970.5	3344	50.2	992.4	3350	10.0	921.0
Bosque mesófilo de montaña	979	37.1	1047.2	963	50.5	987.5	1002	8.4	877.1
Selva alta perennifolia	1851	9.2	942.3	1766	48.9	935.6	1680	6.3	849.7
Selva alta subperennifolia	105	28.9	619.2	103	56.7	643.9	100	43.6	651.0
Selva mediana perennifolia	4	48.8	107.7	3	146.8	192.7	4	92.2	140.3
Selva mediana subperennifolia	1338	9.1	1282.3	1412	50.2	1148.2	1540	7.1	1040.7
Selva baja perennifolia	73	59.8	767.7	74	59.8	763.4	72	42.5	600.8
Selva baja subperennifolia	0			3	713.2	713.2	3	713.2	713.2
Selva mediana subcaducifolia	1562	7.8	347.5	1436	50.3	407.7	1497	6.9	279.5
Selva baja subcaducifolia	33	55.1	1482.6	34	54.9	1371.3	32	54.9	1297.0
Selva mediana caducifolia	92	20.8	1567.5	95	54.0	1549.6	136	29.0	1037.0
Selva baja caducifolia	6642	6.7	1052.2	6531	50.1	1101.5	6457	7.1	1035.6
Matorral subtropical	309	50.7	3213.6	301	50.7	3317.3	421	11.6	2374.1
Selva baja espinosa caducifolia	796	11.0	283.0	757	44.4	317.7	936	6.7	263.8
Selva baja espinosa subperennifolia	929	16.1	530.7	941	49.7	495.7	951	15.5	470.4
Mezquital tropical	150	17.2	435.6	149	50.5	599.2	108	51.1	1308.1
Selva de galería	6	211.1	457.1	9	70.3	468.7	14	68.4	352.7
Bosque de galería	106	22.6	230.1	91	51.0	257.9	96	12.0	210.0

Serie 4			Serie 5			Serie 6			Serie 6.5		
No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)
65	53.5	438.2	63	53.5	418.0	69	53.5	392.0	63	53.5	418.0
4	84.4	495.0	5	84.4	412.9	5	84.4	412.9	4	84.4	516.3
203	12.3	616.3	203	51.2	625.1	217	13.0	585.7	204	8.6	611.7
3438	12.1	1494.7	3443	27.9	1505.2	4410	7.1	1138.7	3433	26.5	1471.8
4997	7.1	1067.6	4946	30.2	1103.5	5911	6.5	913.7	4941	14.6	1113.4
475	50.6	340.1	475	50.6	343.7	518	29.8	299.4	478	10.2	313.3
2	261.9	455.7	0			0			0		
8339	7.7	797.7	8281	10.5	821.4	9803	6.7	676.3	8317	7.0	800.4
3500	12.5	854.3	3481	50.1	870.6	3959	6.5	752.9	3483	16.4	861.8
1092	15.3	786.0	1087	31.1	798.0	1418	6.3	602.8	1089	31.1	796.6
1927	6.3	701.3	1982	6.3	672.2	3032	6.3	440.9	1985	6.3	671.2
94	54.5	677.9	83	54.5	745.8	150	31.0	413.8	83	54.5	745.8
4	92.2	140.3	4	92.2	140.3	5	22.4	74.8	4	92.2	140.3
1943	8.1	781.2	1767	10.5	826.7	3143	6.6	452.7	1778	7.3	796.2
72	31.4	539.8	72	55.3	527.4	82	26.9	456.0	72	55.3	527.3
0			4	1807.3	24936.9	5	1807.3	18015.5	4	1799.4	24948.3
1580	8.1	270.7	1501	9.1	270.4	2447	6.3	166.8	1507	6.6	267.2
32	54.9	1452.7	22	54.9	1307.9	22	54.9	1307.9	22	54.9	1308.3
133	41.1	1067.7	155	50.5	917.1	506	6.7	274.0	155	50.5	917.7
6343	6.8	991.2	6306	7.1	995.7	8745	6.5	718.3	6350	6.3	984.4
422	11.6	2354.9	419	11.6	2340.0	603	11.6	1626.7	420	11.6	2335.5
934	6.3	247.5	883	9.3	239.9	1020	9.3	208.4	885	9.3	239.3
961	25.5	471.4	939	45.4	502.4	1236	8.2	363.2	940	6.7	501.8
98	51.1	1429.2	96	51.1	1308.4	125	28.7	1004.9	96	51.1	1308.1
14	68.4	313.1	16	68.4	336.6	18	68.4	299.2	16	68.4	337.3
93	44.3	222.1	91	50.0	230.5	91	50.0	230.5	94	50.0	222.7

Tipo de vegetación / agricultura / otros	Serie 2			Serie 2.5			Serie 3		
	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)
Vegetación de peten	65	21.1	687.3	55	50.2	748.6	65	21.1	651.6
Manglar	902	7.3	983.3	770	13.0	1122.8	1082	6.3	777.8
Vegetación de galería	367	18.9	478.9	348	50.4	502.0	309	10.0	445.0
Vegetación halófila hidrófila	413	6.6	1133.2	323	14.7	1449.4	510	6.4	776.3
Popal	108	14.5	1473.1	82	59.7	1501.7	83	8.0	1586.2
Tular	824	9.9	1089.3	771	50.9	1208.9	837	6.5	1117.7
Bosque de mezquite	458	8.8	738.9	465	51.5	540.9	491	13.4	510.8
Palmar natural	34	42.5	340.7	46	50.8	353.7	48	13.4	240.1
Vegetación de dunas costeras	205	10.4	746.7	188	47.9	790.8	209	7.6	687.5
Chaparral	881	15.8	2122.2	842	50.0	2231.2	843	46.4	2439.3
Matorral crasicaule	1285	15.7	932.5	1267	50.3	946.3	1220	25.7	996.1
Matorral desértico micrófilo	3955	12.7	5055.8	3871	50.0	5169.6	3923	6.5	4986.3
Matorral desértico rosetófilo	2817	16.4	3669.5	2781	50.0	3720.5	2838	8.5	3599.7
Matorral espinoso tamaulipeco	1726	8.8	1506.2	1663	50.0	1561.2	1693	8.6	1513.8
Matorral rosetófilo costero	108	36.8	3904.0	103	69.0	4115.8	110	39.1	3737.2
Matorral sarcocaule	1141	6.8	4500.4	1097	50.4	4684.4	1104	6.5	4588.4
Matorral sarco-crasicaule	423	7.8	5343.1	407	52.8	5559.4	413	8.3	5365.2
Matorral sarco-crasicaule de neblina	60	12.0	9652.0	55	55.3	#####	63	12.0	8981.0
Matorral submontano	1274	6.7	1868.6	1268	50.1	1888.2	1271	25.3	1888.8
Mezquital xerófilo	2373	11.6	951.3	2240	50.1	1003.3	1718	23.7	1246.2
Vegetación de desiertos arenosos	147	11.2	#####	142	52.7	#####	151	46.1	#####
Vegetación gipsófila	46	54.4	1008.8	46	54.4	1008.7	46	54.4	1000.8
Vegetación halófila xerófila	1036	13.5	2409.3	999	43.4	2499.2	1034	7.6	2303.0
Pastizal gipsófilo	14	223.7	3011.2	14	223.7	3003.2	15	87.8	3020.6
Pastizal halófilo	1163	17.1	1550.1	1149	50.1	1574.4	1201	7.0	1523.8

Continuación Cuadro 6...

Serie 4			Serie 5			Serie 6			Serie 6.5		
No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)
72	21.1	593.7	70	50.2	828.6	74	50.2	783.8	72	16.2	804.4
1145	6.3	731.5	1116	6.3	746.6	1254	6.3	664.5	1128	6.3	738.4
362	10.0	415.1	349	50.8	428.2	357	32.6	418.8	356	28.0	421.4
538	6.4	699.5	523	6.4	692.8	543	6.4	667.2	531	6.4	682.9
84	19.1	1554.1	89	26.1	1594.4	119	21.2	1192.5	89	26.1	1594.8
898	6.5	1016.2	842	6.5	1090.9	979	6.5	938.2	843	6.5	1089.6
502	13.4	501.9	487	18.7	490.2	517	13.2	460.1	487	18.7	490.2
54	19.3	329.7	52	50.6	345.5	52	50.6	345.5	52	50.6	345.2
211	10.4	675.0	205	10.4	683.2	216	10.4	648.4	209	10.4	667.4
848	20.5	2120.8	510	50.0	3999.4	923	9.3	2210.0	511	41.0	3991.6
1276	26.1	930.6	1287	22.8	897.6	1453	13.3	792.6	1287	22.8	896.1
4006	15.5	4770.1	4103	20.9	4637.6	6350	8.8	2989.3	4135	20.9	4591.2
2816	8.5	3666.6	2823	8.5	3656.0	4045	8.5	2551.7	2898	8.5	3560.3
1627	17.5	1567.3	1710	17.5	1454.9	2345	13.6	1064.0	1717	9.7	1440.8
108	39.1	3779.2	105	51.0	3886.3	161	26.4	2534.5	105	51.0	3886.9
1116	6.5	4520.4	1105	6.5	4541.6	2133	6.5	2352.6	1109	6.5	4521.6
424	8.3	5207.4	410	37.7	5359.1	812	22.2	2705.9	412	25.2	5333.0
64	12.0	8774.2	63	12.0	8907.5	139	12.0	4037.2	63	13.1	8907.9
1271	27.0	1859.1	1289	50.1	1802.6	1683	28.5	1378.3	1291	47.4	1798.8
1772	8.8	1167.5	1792	49.5	1135.8	2017	12.0	1009.8	1797	23.5	1131.9
149	38.8	#####	147	56.0	14624.3	195	47.9	11024.5	147	56.0	14624.7
45	54.4	391.9	52	54.4	914.8	52	54.4	914.8	52	54.5	913.9
1034	7.7	2280.0	1007	10.4	2304.0	1209	10.4	1919.5	1022	6.3	2271.4
13	87.8	3186.7	13	223.6	3036.6	27	20.6	1462.0	13	223.6	3036.8
1204	7.0	1419.3	1189	7.0	1423.6	1323	7.0	1277.6	1198	7.0	1409.9

Tipo de vegetación / agricultura / otros	Serie 2			Serie 2.5			Serie 3		
	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)	No.	Mín. (ha)	Prom. (ha)
Pastizal natural	4690	6.4	1361.9	4623	50.0	1392.0	4667	6.5	1357.1
Pradera de alta montana	18	28.9	947.2	15	57.7	1116.8	15	57.7	1105.1
Sabana	113	38.2	2598.3	98	51.9	2532.4	98	23.8	2118.9
Bosque inducido	2	46.0	135.8	1	225.5	225.5	4	62.1	1195.5
Palmar inducido	178	12.2	629.6	161	50.7	651.5	148	22.7	711.2
Pastizal inducido	12435	7.3	499.5	11459	50.0	547.9	11295	6.3	560.8
Sabanoide	126	29.1	1356.8	127	71.0	1333.8	130	17.1	1108.5
Acuícola	1	117.5	117.5	5	77.9	128.3	107	30.5	633.2
Agricultura de humedad	241	14.2	954.1	222	27.6	1034.9	238	21.2	951.2
Agricultura de riego	4479	8.9	1899.9	4318	25.4	2019.9	4346	7.2	2127.1
Agricultura de temporal	19675	7.3	1034.5	18442	23.0	1117.7	17909	6.3	1192.6
Bosque cultivado	71	19.0	349.0	71	28.9	398.3	83	19.0	385.9
Pastizal cultivado	5922	9.1	1917.0	5536	24.2	2119.2	5868	6.5	2116.3
Desprovisto de vegetación	17	23.4	345.7	30	9.9	288.9	50	9.9	295.0
Asentamientos humanos	0			281	8.7	149.0	1173	6.4	128.4
Cuerpo de agua	4503	6.3	586.1	4672	6.3	567.7	6548	6.3	399.8
Otros	3	96.4	3462.6	11	12.5	946.1	3	97.0	3004.2
Zona urbana	5128	8.1	216.2	4810	6.8	229.8	5196	6.6	213.1
Sin vegetación aparente	785	7.1	1164.0	663	40.5	1370.0	756	6.3	1209.1

Continuación Cuadro 6...

No.	Serie 4		No.	Serie 5		No.	Serie 6		No.	Serie 6.5	
	Mín. (ha)	Prom. (ha)									
4697	6.5	1301.8	4730	6.5	1279.8	5868	6.5	1032.1	4744	6.5	1275.9
15	57.7	1113.2	14	57.7	1178.9	14	57.7	1178.9	14	57.7	1172.8
98	27.0	1950.7	92	54.0	1713.6	142	13.8	1110.2	92	53.1	1713.6
3	230.7	1501.2	4	213.7	1179.3	4	213.7	1179.3	4	213.7	1180.3
140	22.7	684.1	142	51.8	678.5	147	22.4	655.5	142	51.8	678.4
11096	6.3	545.3	10686	6.3	561.8	11350	6.3	529.8	10707	6.3	561.6
112	50.8	1155.8	117	50.8	1298.9	156	10.7	974.2	117	50.8	1298.7
188	6.3	487.8	170	25.8	624.0	193	17.4	549.6	171	20.7	620.0
236	21.2	867.7	237	25.2	871.0	245	17.6	842.5	238	25.2	867.3
4544	6.9	2165.5	4751	25.2	2113.7	5200	6.4	1933.9	4773	7.2	2104.0
17860	6.6	1239.9	17909	6.6	1247.7	20191	6.5	1105.6	17971	6.6	1242.2
113	19.0	329.5	117	25.5	508.9	145	8.3	410.7	117	25.5	508.4
6436	7.0	1994.2	6522	7.8	1984.7	8929	6.3	1449.7	6522	7.8	1984.7
96	11.0	215.7	151	25.2	254.4	152	25.2	252.7	152	11.6	251.7
3599	6.3	131.5	5036	6.3	131.0	5059	6.3	130.5	5068	6.3	130.4
6715	6.3	398.5	6759	6.3	404.7	6813	6.3	401.6	7104	6.3	385.3
2	4140.5	4779.4	2	3861.9	4640.1	2	3861.9	4640.1	4	22.3	2378.8
5178	6.8	216.1	5194	6.8	227.0	5204	6.8	226.7	5193	6.8	227.2
772	6.3	1215.7	765	6.3	1216.5	815	6.3	1141.9	770	6.3	1207.7



## COMENTARIOS FINALES

El conjunto de mapas nacionales de USyV de las series del INEGI y PMC (años base: 1993, 1999, 2002, 2007, 2011, 2014 y 2016) permite tener bases de datos interoperables generados con metodologías y sistemas de clasificación similares. Esta información puede utilizarse en diferentes aplicaciones ya que incluyen el análisis de las tasas de deforestación y degradación (cambio de vegetación primaria a secundaria), permitiendo obtener series temporales consistentes y con bases comunes de los atributos y objetos utilizados.

Las series de mapas de USyV del INEGI y PMC en el sitio de descarga contienen el campo CVE\_UNION, la cual contiene las clases discutidas en este trabajo, otros campos son de información usada en el proceso de generación de los mapas.

## 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/](http://pmcarbono.org/pmc/bases_datos/).

## LITERATURA CITADA

- Couturier, S. y J. F. Mas. 2009. ¿Que tan confiable es una tasa de deforestación? ¿Como evaluar nuestros mapas con rigor estadístico? *Investigación Ambiental* 1:117-135.
- Couturier, S., J. M. Nuñez and M. Kolb. 2012. Measuring tropical deforestation with error margin: a method for REDD monitoring in south-eastern Mexico. pp. 269-296. *In*: P. Sndarshana, N. Nageswara-Rao and J. R. Soneti (eds), *Tropical Forests* DOI:10.5772/31523.
- de Jong, B., C. Anaya, O. Masera, M. Olguín, F. Paz, J. Etchevers, R. Martínez, G. Guerrero and C. Balbontin. 2010. Greenhouse gas emissions between 1993 and 2002 from land-use change and forestry in Mexico. *Forest Ecology and Management* 260:1689-1701.
- de Jong, B., M. Olguin, F. Rojas, V. Maldonado, F. Paz, J. Etchevers, C.O. Cruz y J. A. Argumedo. 2009. Inventario Nacional de Emisiones de Gases Invernadero 1990-2006. Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura. Reporte preparado para el Instituto Nacional de Ecología. D.F., México. 119 p.
- de Jong, B., O. Masera, R. D. Martínez, F. Paz, M. Olguin, C. Anaya, C. Balbontín, M. Motolinia y G. Guerrero. 2006. Inventario nacional de emisiones de gases invernadero 1993-2002. Uso del suelo, cambio de uso del suelo y bosques. Reporte preparado para el Instituto Nacional de Ecología. D.F., México. 78 p.
- Di Gregorio, A. and J. Latham. 2003. Africover Land Cover Classification and Mapping Project. pp. 236-254. *In*: W. Verheye (ed.). *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. EO-LSS: Paris, France.
- DOF. 2013. Acuerdo por el que se determina Información de Interés Nacional a la Carta de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250 000. *Diario Oficial de la Federación* 02/12/2013. México.
- Feranec, J., G. Hazeu, S. Christensen and G. Jaffrain. 2007. Corine land cover change detection in Europe (case studies of The Netherlands and Slovakia). *Land Use Policy* 24:234-247.
- Gebhardt, S., P. Maeda, T. Wehrmann, J. Argumedo and M. Schmidt. 2015. A proper land cover and forest type classification scheme for Mexico. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 40:383-390.
- Gebhardt, S., T. Wehrmann, M. A. Muñoz, P. Maeda, J. Bishop, M. Schramm, R. Kopeinig, O. Cartus, J. Kellndorfer, R. Ressler, L.A. Santos and M. Schmidt. 2014. MAD-MEX: Automatic wall-to-wall land cover monitoring for the Mexican REDD-MRV program using all Landsat data. *Remote Sensing* 6:3923-3943.
- INEGI. 1980. Sistema de Clasificación de Tipos de Agricultura y Tipos de Vegetación de México para la Carta de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI, escala 1: 125 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 1985. Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250,000, Serie I. Dirección General de Geografía. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 1993. Modelo de Datos Vectoriales. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 1997. Diccionario de Datos de Uso del suelo y Vegetación (Vectorial), Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 2000. Diccionario de Datos de Uso del Suelo y Vegetación, Escalas 1:250 000 y 1: 1 000 000 (Alfanumérico). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 2002. Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250,000, Serie II. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 2005a. Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250,000, Serie III. Dirección General de Geografía. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 2005b. Guía para la Interpretación de Cartografía Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1: 250 000, Serie I y II. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.

- INEGI. 2007. Diccionario de Datos de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000 (versión 1). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 2008. Metodología para la Actualización de la Información de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 2009a. Guía para la Interpretación de Cartografía Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1: 250 000, Serie III. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ags., México.
- INEGI. 2009b. Diccionario de Datos de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000 (versión 2). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 2010. Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250,000, Serie IV. Dirección General de Geografía. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ags., México.
- INEGI. 2012a. Guía para la Interpretación de Cartografía Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1: 250 000, Serie IV. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ags., México.
- INEGI. 2012b. Metodología para la Generación y Actualización de la Información de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250,000, Serie IV. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ags., México.
- INEGI. 2013a. Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación Escala 1:250,000, Serie V. Dirección General de Geografía. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 2013b. Diccionario de Datos de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000 (versión 3). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 2014. Guía para la Interpretación de Cartografía Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1: 250 000, Serie V. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ags., México.
- INEGI. 2017a. Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación Escala 1:250,000, Serie VI. Dirección General de Geografía. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags., México.
- INEGI. 2017b. Guía para la Interpretación de Cartografía Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1: 250 000, Serie VI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ags., México.
- INEGI, 2017c. INEGI presenta Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI. Comunicación Social. Comunicado de Prensa Núm. 535/17. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ags., México.
- Mas, J. F., S. Couturier, J. Paneque-Gálvez, M. Skutsch, A. Pérez-Vega, M. A. Castillo-Santiago and G. Bocco. 2016. Comment on Gebhardt et al. MAD-MEX: Automatic wall-to-wall land cover monitoring for the Mexican REDD-MRV program using all Landsat data. *Remote Sensing*. *Remote Sens.* 2014, 6, 3923-3943. Remote Sensing DOI: 10.3390/rs8070533.
- Mas, J. F. y T. Fernández. 2003. Una evaluación cuantitativa de los errores en el monitoreo de los cambios de cobertura por comparación de mapas. *Investigaciones Geográficas* 51:73-87.
- Mas, J. F., R. Lemoine-Rodríguez, R. González-López, J. López-Sánchez, A. Piña-Garduño and E. Herrera Flores. 2017. Land use/land cover change detection combining automatic processing and visual interpretation. *European Journal of Remote Sensing* 50:626-635.
- Mas, J. F. e I. Ramírez. 1996. Comparison of land use classifications obtained by visual interpretation and digital processing. *ITC Journal* 3/4:278-283.
- Mas, J. F., A. Velázquez y S. Couturier. 2009. La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental* 1:23-39.
- Mas, J. F., A. Velázquez, J.R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, C. Alcántara, G. Bocco, R. Castro, T. Fernández and A. Pérez-Vega. 2004. Assessing land use/cover changes: a nationwide multivariate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5:249-261.
- Mendoza-Ponce, A., R. Corona-Núñez, F. Kraxner, S. Leduc and P. Patrizio. 2018. Identifying effects of land use cover changes and climate change on terrestrial ecosystems and carbon stocks in Mexico. *Global Environmental Change* 53:12-23.
- Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J. F. Mas, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma-Muñoz, I. Trejo-Vázquez, A. Peralta-Higuera, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González-Medrano. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Nacional Forestal 2000. *Investigaciones Geográficas* 43:183-203.
- Palacio-Prieto, J. L. y L. Luna-González. 1994. Clasificación espectral automática vs. clasificación visual: un ejemplo al sur de la Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas* 29:25-40.
- PMC. 2016. Descripción de Claves de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000. Programa Mexicano del Carbono. Texcoco, Estado de México, México.
- PMC. 2017a. Mapas de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000. Metodología de Trabajo, Series 2.5, 6 y 6.5. Programa Mexicano del Carbono. Texcoco, Estado de México, México.
- PMC. 2017b. Diccionario de Datos para las Clases de Uso del Suelo y Vegetación para las Series 2, 2.5, 3, 4, 5, 6 y 6.5. Programa Mexicano del Carbono. Texcoco, Estado de México, México.
- Rosete-Vergés, F.A., J. L. Pérez-Damián, M. Villalobos-Delgado, E. N. Bavarro-Salas, E. Salinas-Chávez y R. Remond-Noa. 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques* 20:21-35.
- Running, S. W., T. R. Loveland, L. L. Pierce, R. R. Nemani and E. R. Hunt. 1995. A remote sensing based vegetation classifica-



tion logic for global land cover analysis. *Remote Sensing of the Environment* 51:39-48.

- Torres-Rojo, J. M., O. S. Magaña-Torres y F. Moreno-Sánchez. 2016. Predicción del cambio de uso/cobertura arbolada en México a través de probabilidades de transición. *Agrociencia* 50:769-785.
- Velázquez, A. 2008. La dinámica de la cubierta forestal de México. *Sociedad Mexicana de Física. Revista Mexicana de Física*. 9 p. (<http://www.smf.mx/C-Global/webCubFor.html>).
- Velázquez, A., J. F. Mas, G. Bocco and J. L. Palacio-Prieto. 2010. Mapping land cover changes in Mexico, 1976-2000 and applications for guiding environmental management policy. *Singapore Journal of Tropical Geography* 31:152-162.
- Velázquez, A., J. F. Mas, J. R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *INE-SEMARNAT. Gaceta Ecológica* 62:21-37.
- Victoria-Hernández, A., M. Niño-Alcocer y J. A. Rodríguez-Ávalos. 2013. La serie IV de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000 de INEGI. Información del periodo 2007-2008. pp. 243-267. *In: M. T. S. Salazar, G. Bocco y J. M. C. Izquierdo (eds). Teoría, Métodos y Técnicas del Ordenamiento Ecológico y Territorial. INECC. CDMX, México.*