

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 Paz¹, Víctor M. Romero², Jesús Argumedo² y Julio Cesar Cabrera³

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

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

³ 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 intérpretores (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 intérpretores 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

Serie 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.



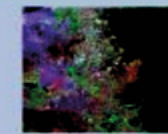


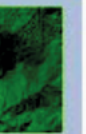
| | SERIE I | SERIE II | SERIE III | SERIE IV | SERIE V | SERIE VI |
|-------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Periodo de Elaboración | 1978-1991 | 1995-2000 | 2002-2005 | 2007-2010 | 2011-2014 | 2015-2017 |
| Fecha de datos de campo | 1978-1990 | 1996 - 1999 | 2002-2003 | 2007-2008 | 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 | Analogica | 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 Tásate | 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 |
| | | Selva Baja Subcaducifolia | | 4-15 | SBS | 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 |
| | Pastizal | Mezquital Tropical | 05-10 | MKE | 1 | 1 | 1 |
| | | 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.

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 | 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 | 0.2-4 | 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 | 0.1-4 | 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 | 0.1-2 | VG | 0 | 1 | 1 | |
| | | Manglar | 1-30 | VM | 1 | 1 | 1 | |
| | | Popal | 0.1-2 | VA | 0 | 0 | 0 | |
| | | Tular | 0.8-2.5 | VT | 0 | 0 | 0 | |
| | | Vegetación de Petén | 0.8-12 | 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.

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 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) |
|-----------------|---------|------------------|
| | Alto | > 30 |
| Arbóreo | Mediano | 15 ≤ Altura ≤ 30 |
| | Bajo | 4 ≤ Altura ≤ 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 |

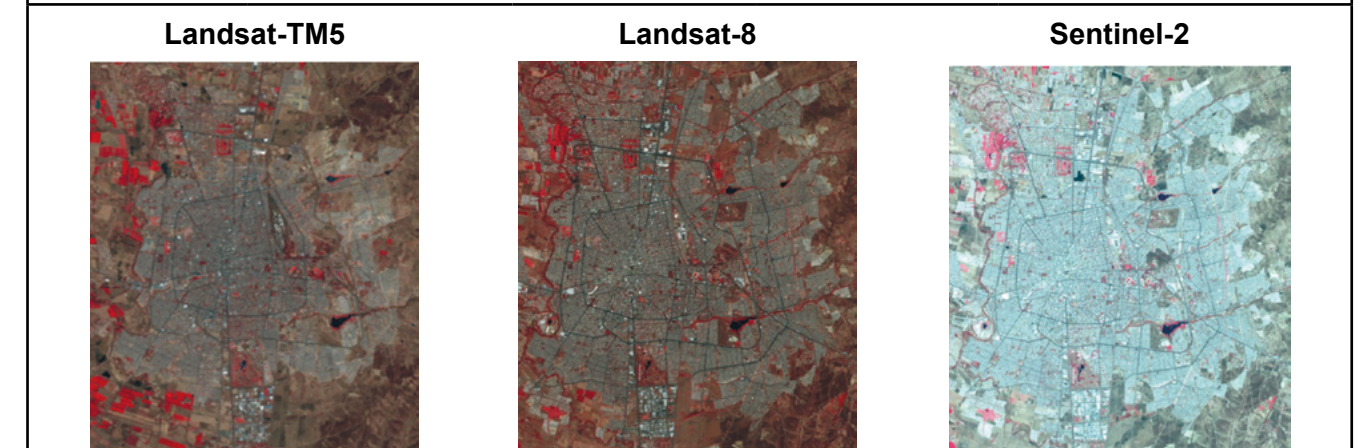


Figura 2. Características, periodos e insumos de las series de mapas de USyV del PMC. Las imágenes de satélite son de la ciudad de Aguascalientes, Aguascalientes, México.



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.

| Serie | Fuente | No. de Polígonos |
|-------|--------|------------------|
| 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 | | | 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) | 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 | 9184 | 7.1 | 1172.8 | 9135 | 27.9 | 1192.5 | 11130 | 6.5 | 963.2 | 9123 | 8.6 | 1175.4 |
| Bosque de encino | 11511 | 8.6 | 954.5 | 11320 | 50.1 | 980.5 | 11434 | 10.0 | 872.7 | 11839 | 7.7 | 813.9 | 11762 | 10.5 | 835.9 | 13762 | 6.5 | 698.3 | 11800 | 7.0 | 816.6 |
| Bosque mesófilo de montaña | 979 | 37.1 | 1047.2 | 963 | 50.5 | 987.5 | 1002 | 8.4 | 877.1 | 1092 | 15.3 | 786.0 | 1087 | 31.1 | 798.0 | 1418 | 6.3 | 602.8 | 1089 | 31.1 | 796.6 |
| Selva perennifolia | 3371 | 9.1 | 1060.9 | 3358 | 48.9 | 1010.8 | 3396 | 6.3 | 922.7 | 4040 | 6.3 | 733.6 | 3908 | 6.3 | 727.1 | 6412 | 6.3 | 445.2 | 3922 | 6.3 | 724.5 |
| Selva subcaducifolia | 1595 | 7.8 | 370.6 | 1470 | 50.3 | 429.9 | 1529 | 6.9 | 300.3 | 1612 | 8.1 | 293.8 | 1523 | 9.1 | 285.1 | 2469 | 6.3 | 176.8 | 1529 | 6.6 | 281.9 |
| Selva caducifolia | 7043 | 6.7 | 1152.5 | 6927 | 50.1 | 1203.8 | 7014 | 7.1 | 1115.5 | 6898 | 6.8 | 1075.5 | 6880 | 7.1 | 1075.0 | 9854 | 6.5 | 750.9 | 6925 | 6.3 | 1063.9 |
| Selva espinosa | 1875 | 11.0 | 415.5 | 1850 | 44.4 | 429.4 | 1998 | 6.7 | 415.1 | 1993 | 6.3 | 408.3 | 1922 | 9.3 | 451.5 | 2386 | 8.2 | 364.1 | 1925 | 6.7 | 450.8 |
| Vegetación hidrófila | 2791 | 6.6 | 951.3 | 2449 | 13.0 | 1073.5 | 2996 | 6.3 | 836.8 | 3206 | 6.3 | 770.9 | 3096 | 6.3 | 803.0 | 3435 | 6.3 | 723.8 | 3129 | 6.3 | 794.7 |
| Otros tipos de vegetación | 697 | 8.8 | 721.8 | 699 | 47.9 | 595.8 | 748 | 7.6 | 536.7 | 767 | 10.4 | 537.3 | 744 | 10.4 | 533.2 | 785 | 10.4 | 504.2 | 748 | 10.4 | 529.6 |
| Matorral xerófilo | 17272 | 6.7 | 3110.1 | 16781 | 43.4 | 3205.2 | 16427 | 6.5 | 3223.5 | 16556 | 6.5 | 3146.0 | 16403 | 6.5 | 3167.7 | 23517 | 6.5 | 2209.6 | 16546 | 6.3 | 3139.7 |
| Pastizal | 5998 | 6.4 | 1423.4 | 5899 | 50.0 | 1449.2 | 5996 | 6.5 | 1405.7 | 6027 | 6.5 | 1338.9 | 6038 | 6.5 | 1317.3 | 7374 | 6.5 | 1079.1 | 6061 | 6.5 | 1312.2 |
| Vegetación inducida | 12741 | 7.3 | 509.7 | 11748 | 50.0 | 557.7 | 11577 | 6.3 | 569.1 | 11351 | 6.3 | 553.3 | 10949 | 6.3 | 571.4 | 11657 | 6.3 | 537.5 | 10970 | 6.3 | 571.2 |
| Información agrícola pecuaria forestal | 30389 | 7.3 | 1331.8 | 28594 | 23.0 | 1445.2 | 28551 | 6.3 | 1518.2 | 29377 | 6.3 | 1537.0 | 29706 | 6.6 | 1538.5 | 34903 | 6.3 | 1309.2 | 29792 | 6.6 | 1533.4 |
| Información complementaria | 9651 | 6.3 | 390.0 | 9804 | 6.3 | 389.5 | 12970 | 6.3 | 300.6 | 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 | | | 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) | No. | Mín. (ha) | Prom. (ha) | No. | Mín. (ha) | Prom. (ha) | No. | Mín. (ha) | Prom. (ha) |
| Bosque de ayarin | 63 | 53.5 | 451.6 | 62 | 53.5 | 443.1 | 63 | 53.5 | 450.8 | 65 | 53.5 | 438.2 | 63 | 53.5 | 418.0 | 69 | 53.5 | 392.0 | 63 | 53.5 | 418.0 |
| Bosque de cedro | 3 | 229.4 | 698.6 | 3 | 192.2 | 651.6 | 3 | 167.8 | 714.5 | 4 | 84.4 | 495.0 | 5 | 84.4 | 412.9 | 5 | 84.4 | 412.9 | 4 | 84.4 | 516.3 |
| Bosque de oyamel | 197 | 20.7 | 704.7 | 183 | 51.2 | 762.7 | 191 | 51.2 | 666.9 | 203 | 12.3 | 616.3 | 203 | 51.2 | 625.1 | 217 | 13.0 | 585.7 | 204 | 8.6 | 611.7 |
| Bosque de pino | 3285 | 7.0 | 1758.6 | 3217 | 50.3 | 1784.8 | 3291 | 31.6 | 1602.4 | 3438 | 12.1 | 1494.7 | 3443 | 27.9 | 1505.2 | 4410 | 7.1 | 1138.7 | 3433 | 26.5 | 1471.8 |
| Bosque de pino-encino | 4226 | 11.3 | 1582.3 | 4179 | 30.2 | 1588.4 | 4615 | 8.1 | 1246.9 | 4997 | 7.1 | 1067.6 | 4946 | 30.2 | 1103.5 | 5911 | 6.5 | 913.7 | 4941 | 14.6 | 1113.4 |
| Bosque de táscate | 508 | 16.0 | 324.8 | 495 | 50.3 | 344.7 | 479 | 50.6 | 359.1 | 475 | 50.6 | 340.1 | 475 | 50.6 | 343.7 | 518 | 29.8 | 299.4 | 478 | 10.2 | 313.3 |
| Matorral de coníferas | 2 | 263.7 | 455.6 | 2 | 323.9 | 510.3 | 3 | 64.0 | 259.2 | 2 | 261.9 | 455.7 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| Bosque de encino | 8125 | 8.6 | 948.6 | 7976 | 50.1 | 975.5 | 8084 | 10.5 | 856.0 | 8339 | 7.7 | 797.7 | 8281 | 10.5 | 821.4 | 9803 | 6.7 | 676.3 | 8317 | 7.0 | 800.4 |
| Bosque de encino-pino | 3386 | 13.9 | 970.5 | 3344 | 50.2 | 992.4 | 3350 | 10.0 | 921.0 | 3500 | 12.5 | 854.3 | 3481 | 50.1 | 870.6 | 3959 | 6.5 | 752.9 | 3483 | 16.4 | 861.8 |
| Bosque mesófilo de montaña | 979 | 37.1 | 1047.2 | 963 | 50.5 | 987.5 | 1002 | 8.4 | 877.1 | 1092 | 15.3 | 786.0 | 1087 | 31.1 | 798.0 | 1418 | 6.3 | 602.8 | 1089 | 31.1 | 796.6 |
| Selva alta perennifolia | 1851 | 9.2 | 942.3 | 1766 | 48.9 | 935.6 | 1680 | 6.3 | 849.7 | 1927 | 6.3 | 701.3 | 1982 | 6.3 | 672.2 | 3032 | 6.3 | 440.9 | 1985 | 6.3 | 671.2 |
| Selva alta subperennifolia | 105 | 28.9 | 619.2 | 103 | 56.7 | 643.9 | 100 | 43.6 | 651.0 | 94 | 54.5 | 677.9 | 83 | 54.5 | 745.8 | 150 | 31.0 | 413.8 | 83 | 54.5 | 745.8 |
| Selva mediana perennifolia | 4 | 48.8 | 107.7 | 3 | 146.8 | 192.7 | 4 | 92.2 | 140.3 | 4 | 92.2 | 140.3 | 4 | 92.2 | 140.3 | 5 | 22.4 | 74.8 | 4 | 92.2 | 140.3 |
| Selva mediana subperennifolia | 1338 | 9.1 | 1282.3 | 1412 | 50.2 | 1148.2 | 1540 | 7.1 | 1040.7 | 1943 | 8.1 | 781.2 | 1767 | 10.5 | 826.7 | 3143 | 6.6 | 452.7 | 1778 | 7.3 | 796.2 |
| Selva baja perennifolia | 73 | 59.8 | 767.7 | 74 | 59.8 | 763.4 | 72 | 42.5 | 600.8 | 72 | 31.4 | 539.8 | 72 | 55.3 | 527.4 | 82 | 26.9 | 456.0 | 72 | 55.3 | 527.3 |
| Selva baja subperennifolia | 0 | | | 3 | 713.2 | 713.2 | 3 | 713.2 | 713.2 | 0 | | | 4 | 1807.3 | 24936.9 | 5 | 1807.3 | 18015.5 | 4 | 1799.4 | 24948.3 |
| Selva mediana subcaducifolia | 1562 | 7.8 | 347.5 | 1436 | 50.3 | 407.7 | 1497 | 6.9 | 279.5 | 1580 | 8.1 | 270.7 | 1501 | 9.1 | 270.4 | 2447 | 6.3 | 166.8 | 1507 | 6.6 | 267.2 |
| Selva baja subcaducifolia | 33 | 55.1 | 1482.6 | 34 | 54.9 | 1371.3 | 32 | 54.9 | 1297.0 | 32 | 54.9 | 1452.7 | 22 | 54.9 | 1307.9 | 22 | 54.9 | 1307.9 | 22 | 54.9 | 1308.3 |
| Selva mediana caducifolia | 92 | 20.8 | 1567.5 | 95 | 54.0 | 1549.6 | 136 | 29.0 | 1037.0 | 133 | 41.1 | 1067.7 | 155 | 50.5 | 917.1 | 506 | 6.7 | 274.0 | 155 | 50.5 | 917.7 |
| Selva baja caducifolia | 6642 | 6.7 | 1052.2 | 6531 | 50.1 | 1101.5 | 6457 | 7.1 | 1035.6 | 6343 | 6.8 | 991.2 | 6306 | 7.1 | 995.7 | 8745 | 6.5 | 718.3 | 6350 | 6.3 | 984.4 |
| Matorral subtropical | 309 | 50.7 | 3213.6 | 301 | 50.7 | 3317.3 | 421 | 11.6 | 2374.1 | 422 | 11.6 | 2354.9 | 419 | 11.6 | 2340.0 | 603 | 11.6 | 1626.7 | 420 | 11.6 | 2335.5 |
| Selva baja espinosa caducifolia | 796 | 11.0 | 283.0 | 757 | 44.4 | 317.7 | 936 | 6.7 | 263.8 | 934 | 6.3 | 247.5 | 883 | 9.3 | 239.9 | 1020 | 9.3 | 208.4 | 885 | 9.3 | 239.3 |
| Selva baja espinosa subperennifolia | 929 | 16.1 | 530.7 | 941 | 49.7 | 495.7 | 951 | 15.5 | 470.4 | 961 | 25.5 | 471.4 | 939 | 45.4 | 502.4 | 1236 | 8.2 | 363.2 | 940 | 6.7 | 501.8 |
| Mezquital tropical | 150 | 17.2 | 435.6 | 149 | 50.5 | 599.2 | 108 | 51.1 | 1308.1 | 98 | 51.1 | 1429.2 | 96 | 51.1 | 1308.4 | 125 | 28.7 | 1004.9 | 96 | 51.1 | 1308.1 |
| Selva de galería | 6 | 211.1 | 457.1 | 9 | 70.3 | 468.7 | 14 | 68.4 | 352.7 | 14 | 68.4 | 313.1 | 16 | 68.4 | 336.6 | 18 | 68.4 | 299.2 | 16 | 68.4 | 337.3 |
| Bosque de galería | 106 | 22.6 | 230.1 | 91 | 51.0 | 257.9 | 96 | 12.0 | 210.0 | 93 | 44.3 | 222.1 | 91 | 50.0 | 230.5 | 91 | 50.0 | 230.5 | 94 | 50.0 | 222.7 |

Continuación Cuadro 6...

| Tipo de vegetación / agricultura / otros | Serie 2 | | | Serie 2.5 | | | Serie 3 | | | 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) | 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 | 72 | 21.1 | 593.7 | 70 | 50.2 | 828.6 | 74 | 50.2 | 783.8 | 72 | 16.2 | 804.4 |
| Manglar | 902 | 7.3 | 983.3 | 770 | 13.0 | 1122.8 | 1082 | 6.3 | 777.8 | 1145 | 6.3 | 731.5 | 1116 | 6.3 | 746.6 | 1254 | 6.3 | 664.5 | 1128 | 6.3 | 738.4 |
| Vegetación de galería | 367 | 18.9 | 478.9 | 348 | 50.4 | 502.0 | 309 | 10.0 | 445.0 | 362 | 10.0 | 415.1 | 349 | 50.8 | 428.2 | 357 | 32.6 | 418.8 | 356 | 28.0 | 421.4 |
| Vegetación halófila hidrófila | 413 | 6.6 | 1133.2 | 323 | 14.7 | 1449.4 | 510 | 6.4 | 776.3 | 538 | 6.4 | 699.5 | 523 | 6.4 | 692.8 | 543 | 6.4 | 667.2 | 531 | 6.4 | 682.9 |
| Popal | 108 | 14.5 | 1473.1 | 82 | 59.7 | 1501.7 | 83 | 8.0 | 1586.2 | 84 | 19.1 | 1554.1 | 89 | 26.1 | 1594.4 | 119 | 21.2 | 1192.5 | 89 | 26.1 | 1594.8 |
| Tular | 824 | 9.9 | 1089.3 | 771 | 50.9 | 1208.9 | 837 | 6.5 | 1117.7 | 898 | 6.5 | 1016.2 | 842 | 6.5 | 1090.9 | 979 | 6.5 | 938.2 | 843 | 6.5 | 1089.6 |
| Bosque de mezquite | 458 | 8.8 | 738.9 | 465 | 51.5 | 540.9 | 491 | 13.4 | 510.8 | 502 | 13.4 | 501.9 | 487 | 18.7 | 490.2 | 517 | 13.2 | 460.1 | 487 | 18.7 | 490.2 |
| Palmar natural | 34 | 42.5 | 340.7 | 46 | 50.8 | 353.7 | 48 | 13.4 | 240.1 | 54 | 19.3 | 329.7 | 52 | 50.6 | 345.5 | 52 | 50.6 | 345.5 | 52 | 50.6 | 345.2 |
| Vegetación de dunas costeras | 205 | 10.4 | 746.7 | 188 | 47.9 | 790.8 | 209 | 7.6 | 687.5 | 211 | 10.4 | 675.0 | 205 | 10.4 | 683.2 | 216 | 10.4 | 648.4 | 209 | 10.4 | 667.4 |
| Chaparral | 881 | 15.8 | 2122.2 | 842 | 50.0 | 2231.2 | 843 | 46.4 | 2439.3 | 848 | 20.5 | 2120.8 | 510 | 50.0 | 3999.4 | 923 | 9.3 | 2210.0 | 511 | 41.0 | 3991.6 |
| Matorral crasicaule | 1285 | 15.7 | 932.5 | 1267 | 50.3 | 946.3 | 1220 | 25.7 | 996.1 | 1276 | 26.1 | 930.6 | 1287 | 22.8 | 897.6 | 1453 | 13.3 | 792.6 | 1287 | 22.8 | 896.1 |
| Matorral desértico micrófilo | 3955 | 12.7 | 5055.8 | 3871 | 50.0 | 5169.6 | 3923 | 6.5 | 4986.3 | 4006 | 15.5 | 4770.1 | 4103 | 20.9 | 4637.6 | 6350 | 8.8 | 2989.3 | 4135 | 20.9 | 4591.2 |
| Matorral desértico rosetófilo | 2817 | 16.4 | 3669.5 | 2781 | 50.0 | 3720.5 | 2838 | 8.5 | 3599.7 | 2816 | 8.5 | 3666.6 | 2823 | 8.5 | 3656.0 | 4045 | 8.5 | 2551.7 | 2898 | 8.5 | 3560.3 |
| Matorral espinoso tamaulipeco | 1726 | 8.8 | 1506.2 | 1663 | 50.0 | 1561.2 | 1693 | 8.6 | 1513.8 | 1627 | 17.5 | 1567.3 | 1710 | 17.5 | 1454.9 | 2345 | 13.6 | 1064.0 | 1717 | 9.7 | 1440.8 |
| Matorral rosetófilo costero | 108 | 36.8 | 3904.0 | 103 | 69.0 | 4115.8 | 110 | 39.1 | 3737.2 | 108 | 39.1 | 3779.2 | 105 | 51.0 | 3886.3 | 161 | 26.4 | 2534.5 | 105 | 51.0 | 3886.9 |
| Matorral sarcocaulo | 1141 | 6.8 | 4500.4 | 1097 | 50.4 | 4684.4 | 1104 | 6.5 | 4588.4 | 1116 | 6.5 | 4520.4 | 1105 | 6.5 | 4541.6 | 2133 | 6.5 | 2352.6 | 1109 | 6.5 | 4521.6 |
| Matorral sarco-crasicaule | 423 | 7.8 | 5343.1 | 407 | 52.8 | 5559.4 | 413 | 8.3 | 5365.2 | 424 | 8.3 | 5207.4 | 410 | 37.7 | 5359.1 | 812 | 22.2 | 2705.9 | 412 | 25.2 | 5333.0 |
| Matorral sarco-crasicaule de neblina | 60 | 12.0 | 9652.0 | 55 | 55.3 | ##### | 63 | 12.0 | 8981.0 | 64 | 12.0 | 8774.2 | 63 | 12.0 | 8907.5 | 139 | 12.0 | 4037.2 | 63 | 13.1 | 8907.9 |
| Matorral submontano | 1274 | 6.7 | 1868.6 | 1268 | 50.1 | 1888.2 | 1271 | 25.3 | 1888.8 | 1271 | 27.0 | 1859.1 | 1289 | 50.1 | 1802.6 | 1683 | 28.5 | 1378.3 | 1291 | 47.4 | 1798.8 |
| Mezquital xerófilo | 2373 | 11.6 | 951.3 | 2240 | 50.1 | 1003.3 | 1718 | 23.7 | 1246.2 | 1772 | 8.8 | 1167.5 | 1792 | 49.5 | 1135.8 | 2017 | 12.0 | 1009.8 | 1797 | 23.5 | 1131.9 |
| Vegetación de desiertos arenosos | 147 | 11.2 | ##### | 142 | 52.7 | ##### | 151 | 46.1 | ##### | 149 | 38.8 | ##### | 147 | 56.0 | 14624.3 | 195 | 47.9 | 11024.5 | 147 | 56.0 | 14624.7 |
| Vegetación gipsófila | 46 | 54.4 | 1008.8 | 46 | 54.4 | 1008.7 | 46 | 54.4 | 1000.8 | 45 | 54.4 | 391.9 | 52 | 54.4 | 914.8 | 52 | 54.4 | 914.8 | 52 | 54.5 | 913.9 |
| Vegetación halófila xerófila | 1036 | 13.5 | 2409.3 | 999 | 43.4 | 2499.2 | 1034 | 7.6 | 2303.0 | 1034 | 7.7 | 2280.0 | 1007 | 10.4 | 2304.0 | 1209 | 10.4 | 1919.5 | 1022 | 6.3 | 2271.4 |
| Pastizal gipsófilo | 14 | 223.7 | 3011.2 | 14 | 223.7 | 3003.2 | 15 | 87.8 | 3020.6 | 13 | 87.8 | 3186.7 | 13 | 223.6 | 3036.6 | 27 | 20.6 | 1462.0 | 13 | 223.6 | 3036.8 |
| Pastizal halófilo | 1163 | 17.1 | 1550.1 | 1149 | 50.1 | 1574.4 | 1201 | 7.0 | 1523.8 | 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 | Continuación Cuadro 6... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|---------|-----------|------------|---------|-----------|------------|---------|-----------|------------|---------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|
| | Serie 2 | | | Serie 2.5 | | | Serie 3 | | | 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) | 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 | 4697 | 6.5 | 1301.8 | 4730 | 6.5 | 1279.8 | 5868 | 6.5 | 1032.1 | 4744 | 6.5 | 1275.9 |
| Pradera de alta montana | 18 | 28.9 | 947.2 | 15 | 57.7 | 1116.8 | 15 | 57.7 | 1105.1 | 15 | 57.7 | 1113.2 | 14 | 57.7 | 1178.9 | 14 | 57.7 | 1178.9 | 14 | 57.7 | 1172.8 |
| Sabana | 113 | 38.2 | 2598.3 | 98 | 51.9 | 2532.4 | 98 | 23.8 | 2118.9 | 98 | 27.0 | 1950.7 | 92 | 54.0 | 1713.6 | 142 | 13.8 | 1110.2 | 92 | 53.1 | 1713.6 |
| Bosque inducido | 2 | 46.0 | 135.8 | 1 | 225.5 | 225.5 | 4 | 62.1 | 1195.5 | 3 | 230.7 | 1501.2 | 4 | 213.7 | 1179.3 | 4 | 213.7 | 1179.3 | 4 | 213.7 | 1180.3 |
| Palmar inducido | 178 | 12.2 | 629.6 | 161 | 50.7 | 651.5 | 148 | 22.7 | 711.2 | 140 | 22.7 | 684.1 | 142 | 51.8 | 678.5 | 147 | 22.4 | 655.5 | 142 | 51.8 | 678.4 |
| Pastizal inducido | 12435 | 7.3 | 499.5 | 11459 | 50.0 | 547.9 | 11295 | 6.3 | 560.8 | 11096 | 6.3 | 545.3 | 10686 | 6.3 | 561.8 | 11350 | 6.3 | 529.8 | 10707 | 6.3 | 561.6 |
| Sabanoide | 126 | 29.1 | 1356.8 | 127 | 71.0 | 1333.8 | 130 | 17.1 | 1108.5 | 112 | 50.8 | 1155.8 | 117 | 50.8 | 1298.9 | 156 | 10.7 | 974.2 | 117 | 50.8 | 1298.7 |
| Acuícola | 1 | 117.5 | 117.5 | 5 | 77.9 | 128.3 | 107 | 30.5 | 633.2 | 188 | 6.3 | 487.8 | 170 | 25.8 | 624.0 | 193 | 17.4 | 549.6 | 171 | 20.7 | 620.0 |
| Agricultura de humedad | 241 | 14.2 | 954.1 | 222 | 27.6 | 1034.9 | 238 | 21.2 | 951.2 | 236 | 21.2 | 867.7 | 237 | 25.2 | 871.0 | 245 | 17.6 | 842.5 | 238 | 25.2 | 867.3 |
| Agricultura de riego | 4479 | 8.9 | 1899.9 | 4318 | 25.4 | 2019.9 | 4346 | 7.2 | 2127.1 | 4544 | 6.9 | 2165.5 | 4751 | 25.2 | 2113.7 | 5200 | 6.4 | 1933.9 | 4773 | 7.2 | 2104.0 |
| Agricultura de temporal | 19675 | 7.3 | 1034.5 | 18442 | 23.0 | 1117.7 | 17909 | 6.3 | 1192.6 | 17860 | 6.6 | 1239.9 | 17909 | 6.6 | 1247.7 | 20191 | 6.5 | 1105.6 | 17971 | 6.6 | 1242.2 |
| Bosque cultivado | 71 | 19.0 | 349.0 | 71 | 28.9 | 398.3 | 83 | 19.0 | 385.9 | 113 | 19.0 | 329.5 | 117 | 25.5 | 508.9 | 145 | 8.3 | 410.7 | 117 | 25.5 | 508.4 |
| Pastizal cultivado | 5922 | 9.1 | 1917.0 | 5536 | 24.2 | 2119.2 | 5868 | 6.5 | 2116.3 | 6436 | 7.0 | 1994.2 | 6522 | 7.8 | 1984.7 | 8929 | 6.3 | 1449.7 | 6522 | 7.8 | 1984.7 |
| Desprovisto de vegetación | 17 | 23.4 | 345.7 | 30 | 9.9 | 288.9 | 50 | 9.9 | 295.0 | 96 | 11.0 | 215.7 | 151 | 25.2 | 254.4 | 152 | 25.2 | 252.7 | 152 | 11.6 | 251.7 |
| Asentamientos humanos | 0 | | | 281 | 8.7 | 149.0 | 1173 | 6.4 | 128.4 | 3599 | 6.3 | 131.5 | 5036 | 6.3 | 131.0 | 5059 | 6.3 | 130.5 | 5068 | 6.3 | 130.4 |
| Cuerpo de agua | 4503 | 6.3 | 586.1 | 4672 | 6.3 | 567.7 | 6548 | 6.3 | 399.8 | 6715 | 6.3 | 398.5 | 6759 | 6.3 | 404.7 | 6813 | 6.3 | 401.6 | 7104 | 6.3 | 385.3 |
| Otros | 3 | 96.4 | 3462.6 | 11 | 12.5 | 946.1 | 3 | 97.0 | 3004.2 | 2 | 4140.5 | 4779.4 | 2 | 3861.9 | 4640.1 | 2 | 3861.9 | 4640.1 | 4 | 22.3 | 2378.8 |
| Zona urbana | 5128 | 8.1 | 216.2 | 4810 | 6.8 | 229.8 | 5196 | 6.6 | 213.1 | 5178 | 6.8 | 216.1 | 5194 | 6.8 | 227.0 | 5204 | 6.8 | 226.7 | 5193 | 6.8 | 227.2 |
| Sin vegetación aparente | 785 | 7.1 | 1164.0 | 663 | 40.5 | 1370.0 | 756 | 6.3 | 1209.1 | 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/.

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. Maser, M. Olguín, F. Paz, J. Etchevers, R. Martínez, G. Guerrero and C. Balbontín. 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. Maser, R. D. Martínez, F. Paz, M. Olguin, C. Anaya, C. Balbontín, M. Motolinia y G. Guerrero. 2006. Inven-

- io 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. Verhey (ed.), *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. EOLSS: 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.*