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

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

Fernando Paz-Pellat[1‡] y Julio Cesar de la Cruz-Cabrera[2]

[1]GRENASER, Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
[2]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

En México y otros países, los mapas de uso del suelo y vegetación (USyV) son insumos críticos para el análisis de la distribución espacial de los ecosistemas terrestres y otros objetos, además de servir de cimiento para el análisis de los cambios temporales. A partir de una base nacional de datos vectoriales de mapas de USyV del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y del Programa Mexicano del Carbono (PMC) para los años base: 1993, 1999, 2002, 2007, 2011, 2014 y 2016, documentada y abierta al público, en este trabajo se fundamenta su rasterización en una malla nacional estandarizada, con resolución espacial de 250 m x 250 m, que es la referencia nacional para otros productos nacionales. La base de datos en formato raster puede usarse para análisis a nivel de pixeles individuales, permitiendo contar con información detallada de los cambios en las clases de USyV en el espacio y tiempo.

***Palabras clave**: USyV; INEGI; PMC; malla nacional; resolución espacial 250 m.*

ABSTRACT

In Mexico and other countries, land use and vegetation maps (LUV) are critical inputs for the analysis of the spatial distribution of terrestrial ecosystems, and other objects; besides being the basis for the analysis of temporal changes. Based on a national database of LUV maps of the National Institute of Statistics and Geography (INEGI) and the Mexican Carbon Program (PMC), both documented and open to the public, for the base years: 1993, 1999, 2002 , 2007, 2011, 2014 and 2016, in this work their rasterization is documented in a standardized national grid, with a spatial resolution of 250 m x 250 m, which is the national reference for other national products. The database in raster format can be used for analysis at the individual pixel level, allowing to have detailed information about the changes in the US and V classes in space and time.

***Key words:** LUV; INEGI; PMC; national grid; 250 m spatial resolution.*

INTRODUCCIÓN

Los mapas de uso del suelo y vegetación (USyV), en formato vectorial, permiten el análisis de los patrones espaciales y temporales de los ecosistemas terrestres. Esta información es importante para definir áreas prioritarias de focalización de intervenciones de políticas públicas, en función de los niveles de perturbación de las coberturas terrestres.

En México, para definir tasas de cambio de la vegetación en los ecosistemas terrestres, el análisis de mapas de USyV se ha realizado con diferentes insumos (Mas *et al*., 2004; Velázquez *et al*., 2010). Uno de los más utilizados son los mapas de USyV del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) escala 1:250 000 (*i.e.* INEGI, 2017a y b), que se basan en un sistema de clasificación nacional de tipos de vegetación y agricultura, además de otros rasgos definidos en la clasificación (INEGI, 1985). Los mapas de USyV se utilizan, también, como datos de actividad para estimar emisiones de gases de efecto invernadero en el país (de Jong *et al*., 2010).

El Programa Mexicano del Carbono (PMC) realiza esfuerzos constantes para documentar bases de datos nacionales orientadas hacia la síntesis del conocimiento del ciclo del carbono y sus interacciones en México, así como insumos para ejercicios de modelación nacional. Al respecto, la base de datos de geomorfometría (Salas y Paz, 2017), la climática (Salas y Paz, 2018) y la de índices de vegetación espectrales (Paz *et al.*, 2018a), son ejemplos de la generación de insumos estandarizados con fines de interoperabilidad a escala de país (Vargas *et al.,* 2017). Estas bases están rasterizadas en una malla nacional de dimensiones 250 m x 250 m, de tal manera que cada píxel en el país tiene asociada información específica.

Con relación a los mapas nacionales vectoriales de USyV, Paz *et al.* (2018b) documentaron una serie temporal generada por el INEGI y el PMC, con años base: 1993, 1999, 2002, 2007, 2011, 2014 y 2016, poniéndolas a disposición del público en general, en formato vectorial. Como complemento a estos mapas, en este trabajo se presenta una base de datos rasterizada a escala de píxeles, de 250 m x 250 m con cobertura nacional, de los mapas de USyV. La base de datos que se generó, constituye un insumo importante para modelar y sintetizar los cambios de uso del suelo y evaluar ganancias o pérdidas de carbono en las diferentes clases de USyV.

MATERIALES Y MÉTODOS

Malla nacional de los mapas rasterizados de USyV

La información rasterizada de los mapas de USyV está georeferenciada a una matriz terrestre, la cual contiene la base histórica de los USyV de cada una de las series discutidas por Paz *et al.* (2018b). El ráster de píxel con resolución espacial de 250 m x 250 m usa la proyección Cónica Conforme de Lambert (CCL), datum WGS 84 y esferoide GRS 80 (muy similar al datum ITRF 92 usado por el INEGI), de acuerdo con la definición adoptada por el INEGI, Cuadro 1.

Cuadro 1. Definición de la Proyección Cónica Conforme de Lambert.

Concepto	Valor
Paralelo Estándar 1	17.5°
Paralelo Estándar 2	29.5°
Longitud del Meridiano Central	-102.00°
Latitud del Origen de la Proyección	12.00°
Falso Este	2500 000
Falso Norte	0
Unidades	m

El sistema de la malla usa una matriz espacial de referencia con tamaño unitario (píxel) de 1000 m x 1000 m, lo que genera una malla de 3012 columnas por 2031 renglones, que permite realizar una cobertura total de la superficie del país. La Figura 1 muestra la disposición del arreglo matricial. La malla nacional se planeó en términos multi-escala, para poder integrar productos a diferentes resoluciones espaciales.



Figura 1. Arreglo matricial de referencia usado para representar el territorio mexicano.

Para el caso de la resolución espacial 250 m, la malla nacional tiene como origen la esquina superior izquierda, cuyas coordenadas son 880 000 en el eje X y 2 380 000 en el eje Y, de acuerdo con el sistema de proyección Cónica Conforme de Lambert. Cada celda o píxel, al interior del marco nacional, se identifica mediante un código numérico de 10 dígitos (denominado ID_PÍXEL), que se construye de la siguiente forma:

$$\text{ID_PÍXEL} = \textit{HHHHHCCCCC} \quad (1)$$

donde:

ID_PÍXEL: es el identificador numérico del píxel (10 dígitos)

HHHHH: es el número de hilera en la que se ubica el píxel (contado a partir de la esquina superior izquierda del marco nacional). Este valor se compone de cinco dígitos. Cuando el número de hilera contiene menos de cinco dígitos se agregan ceros al inicio.

CCCCC: es el número de columna en la que se ubica el píxel (contado a partir de la esquina superior izquierda del marco nacional). Este valor se compone de cinco dígitos. Cuando el número de columna contiene un número menor, se agregan ceros al inicio.

Los valores de hilera y columna se calculan de:

$$HHHHH = \frac{2{,}380{,}000 - Y_{CCL}}{250} \quad (2)$$

$$CCCCC = \frac{X_{CCL} - 880{,}000}{250} \quad (3)$$

donde X_{CCL} y Y_{CCL} corresponden a la coordenada de la esquina superior-izquierda del píxel.

Cabe mencionar que en ambas cadenas puede haber valores que contengan ceros a la izquierda (por ejemplo "00125"), en estos casos se deben depreciar o eliminar los ceros y sólo utilizar las cifras sobrantes en la ecuación de la cadena.

Para calcular las coordenadas del centroide se aplican las siguientes ecuaciones:

$$X = (880\,000 + 250C) + 125 \quad (4)$$

$$Y = (2\,380\,000 - 250H) - 125 \quad (5)$$

donde:

X= Coordenada del centroide en eje X
Y= Coordenada del centroide en eje Y
C=Valor de columna
H= Valor de hilera

Codificación de las clases de USyV

Las clases de USyV se codificaron mediante 11 dígitos con la siguiente nomenclatura:

ABBCCDDEEFF

donde:
A contiene el código asociado a la información reportada en el campo **TIP_INFO** (tipo de información), el cual distingue las categorías del Cuadro 2.

Cuadro 2. Codificación de los tipos de información.

Clave TIP_INFO	TIP_INFO
1	Agrícola-pecuaria-forestal
2	Ecológica-florística-fisonómica
3	Complementaria

BB contiene la información integrada en el campo **AGECOSIS**, (aplicable a la categoría AGRICOLA-PECUARIA-FORESTAL), Cuadro 3 y, en el campo **TIP_ECOV** (aplicable al resto de categorías TIP_INFO), Cuadro 4.

Cuadro 3. Descripción del campo AGECOSIS (aplicable a la categoría TIP_INFO = 1).

Clave AGECOSIS	AGECOSIS
01	Agrícola
02	Pecuario
03	Forestal
04	Acuícola

Cuadro 4. Descripción del campo TIP_ECOV (aplicable a las categorías TIP_INFO = 2 y 3).

Clave TIP_ECOV	TIP_ECOV
00	No aplicable
01	Bosque de coníferas
02	Bosque de encino
03	Bosque mesófilo de montaña
04	Selva perennifolia
05	Selva subcaducifolia
06	Selva caducifolia
07	Selva espinosa
08	Pastizal
09	Matorral xerófilo
10	Vegetación hidrófila
11	Especial (otros tipos)
12	Sin vegetación aparente
13	Vegetación inducida

CC contiene la información integrada en los campos **TIPAGES** y **TIP_VEG** (Cuadros 5 y 6).

Cuadro 5. Descripción del campo TIPAGES (aplicable a la categoría TIP_INFO = 1).

AGECOSIS	Clave TIPAGES	TIPAGES
Acuícola	01	Acuícola
Agrícola	01	Agricultura de temporal
Agrícola	02	Agricultura de riego
Agrícola	03	Agricultura de humedad
Forestal	01	Bosque cultivado
Pecuario	01	Pastizal cultivado

Cuadro 6. Descripción del campo TIP_VEG (aplicable a las categorías TIP_INFO = 2 y 3).

TIP_ECOV	Clave TIP_VEG	TIP_VEG
Bosque de coníferas	01	Bosque de ayarín
	02	Bosque de cedro
	03	Bosque de oyamel
	04	Bosque de pino
	05	Bosque de pino-encino
	06	Bosque de táscate
	07	Matorral de coníferas

Continuación Cuadro 6...

TIP_ECOV	Clave TIP_VEG	TIP_VEG
Bosque de encino	01	Bosque de encino
	02	Bosque de encino-pino
Bosque mesófilo de montana	01	Bosque mesófilo de montana
Especial (otros tipos)	01	Bosque de mezquite
	02	Vegetación de dunas costeras
	03	Palmar natural
Matorral xerófilo	01	Vegetación de desiertos arenosos
	02	Vegetación halófila xerófila
	03	Vegetación gipsófila
	04	Matorral desértico micrófilo
	05	Matorral desértico rosetófilo
	06	Matorral crasicaule
	07	Matorral sarcocaule
	08	Matorral sarco-crasicaule
	09	Matorral sarco-crasicaule de neblina
	10	Matorral rosetófilo costero
	11	Matorral espinoso tamaulipeco
	12	Matorral submontano
	13	Chaparral
	14	Mezquital desértico
No aplicable	00	No aplicable
Pastizal	01	Pastizal natural
	02	Pastizal halófilo
	03	Pastizal gipsófilo
	04	Pradera de alta montaña
	07	Sabana
Selva caducifolia	01	Selva mediana caducifolia
	02	Selva baja caducifolia
	03	Matorral subtropical
Selva espinosa	01	Selva baja espinosa caducifolia
	02	Selva baja espinosa subperennifolia
	03	Mezquital tropical

Continuación Cuadro 6...

TIP_ECOV	Clave TIP_VEG	TIP_VEG
Selva perennifolia	01	Selva alta perennifolia
	02	Selva alta subperennifolia
	03	Selva mediana perennifolia
	04	Selva mediana subperennifolia
	05	Selva baja perennifolia
	06	Selva baja subperennifolia
Selva subcaducifolia	01	Selva mediana subcaducifolia
	02	Selva baja subcaducifolia
Sin vegetación aparente	01	Sin vegetación aparente
Vegetación hidrófila	01	Selva de galería
	02	Bosque de galería
	03	Manglar
	05	Vegetación de galería
	06	Popal
	07	Tular
	08	Vegetación de petén
	09	Vegetación halófila hidrófila
Vegetación inducida	01	Palmar inducido
	02	Pastizal inducido
	03	Sabanoide
	04	Bosque inducido

DD contiene la información integrada en los campos **TIP_PLAN** y **DES_VEG** (Cuadros 7 y 8).

Cuadro 7. Descripción del campo TIP_PLAN (aplicable a la categoría TIP_INFO = 1).

Clave TIP_PLAN	TIP_PLAN
01	Plantación agrícola
03	Plantación forestal
04	Ninguno

Cuadro 8. Descripción del campo DES_VEG (aplicable a las categorías TIP_INFO = 2 y 3).

Clave DESVEG	DESVEG
00	No aplicable
01	Primario
02	Secundario
03	No disponible

EE contiene la información integrada en los campos **TIP_CUL1** y **FASE_VS** (Cuadros 9 y 10).

Cuadro 9. Descripción del campo TIP_CUL1 (aplicable a la categoría TIP_INFO = 1).

Clave TIP_CUL1	TIP_CUL1
00	No aplicable
01	Anual
02	Semipermanente
03	Permanente

Cuadro 10. Descripción del campo FASE_VS (aplicable a las categorías TIP_INFO = 2 y 3).

Clave FASE_VS	FASE_VS
00	No aplicable
03	No disponible
04	Ninguno
05	Arbórea
06	Arbustiva
07	Herbácea

FF contiene la información integrada en los campos **TIP_CUL2** y **OTROS** (Cuadros 11 y 12).

Cuadro 11. Descripción del campo TIP_CUL2 (aplicable a la categoría TIP_INFO = 1).

Clave TIP_CUL2	TIP_CUL2
00	No aplicable
02	Semipermanente
03	Permanente
04	Ninguno

Cuadro 12. Descripción del campo OTROS (aplicable a las categorías TIP_INFO = 2 y 3).

Clave OTROS	OTROS
00	No aplicable
30	Desprovisto de vegetación
31	Cuerpo de agua
32	Asentamientos humanos
33	Zona urbana
34	País extranjero

Proceso de rasterizado a nivel de píxeles

Las series de mapas de USyV del INEGI y PMC, en formato vectorial, contienen el campo CVE_UNION, el cual contiene las clases que se discuten en la sección anterior y que se codificaron de acuerdo con los cuadros 1 a 12.

Al usar la malla nacional con resolución espacial de 250 m x 250 m, la intersección de cada píxel con los mapas de USyV se revisó y codificó con la información de la clase de USyV interceptada, para el caso de que solo existiera una clase cubriendo el píxel. En el caso de píxeles interceptando más de una clase de USyV, Cuadro 13, se guardó la información de la clase de USyV y la superficie de intersección de dicha clase en el píxel. El número máximo de clases interceptadas en un píxel que se almacenó fue cuatro, lo que permitió preservar la información al asignar información vectorial a un producto rasterizado.

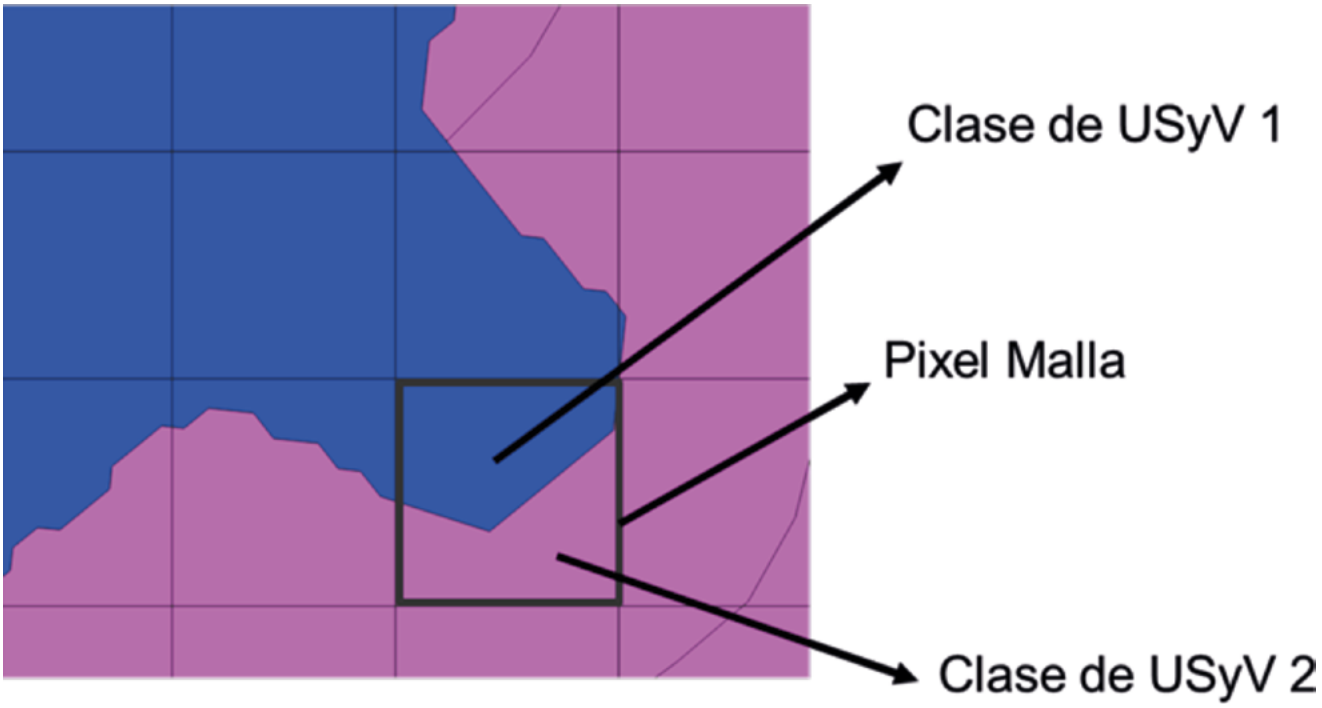


Figura 2. Ejemplo de píxel de la malla nacional interceptando dos clases de USyV.

RESULTADOS

En el Cuadro13 se muestran los campos de las bases de datos multi-temporales en formato ráster (píxeles de 250 m x 250 m). Estas bases se generaron a nivel de los estados de la República Mexicana; para el caso de píxeles compartidos entre estados, se asignaron por regla de mayoría simple, usando las superficies interceptando cada estado.

Cuadro 13. Campos y su contenido, de la base de datos ráster de USyV generados.

Campo	Contenido
x_ccl	Valor de coordenada en el Eje X correspondiente a la esquina superior izquierda
y_ccl	Valor de coordenada en el Eje Y correspondiente a la esquina superior izquierda
x_cent	Valor de coordenada en el Eje X correspondiente al centro del píxel
y_cent	Valor de coordenada en el Eje Y correspondiente al centro del píxel
id_píxel	ID del Píxel MODIS

Continuación Cuadro 13...

Campo	Contenido
code25021	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 2 (periodo 1993) a escala 1:250 000 que ocupa la mayor superficie dentro del píxel
psup25021	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25021
code25022	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 2 (periodo 1993) a escala 1:250 000 que ocupa la segunda mayor superficie dentro del píxel
psup25022	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25022
code25023	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 2 (periodo 1993) a escala 1:250 000 que ocupa la tercer mayor superficie dentro del píxel
psup25023	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25023
code25024	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 2 (periodo 1993) a escala 1:250 000 que ocupa la cuarta mayor superficie dentro del píxel
psup25024	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25024
code250251	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 2.5 (periodo 1999) a escala 1:250 000 que ocupa la mayor superficie dentro del píxel
psup250251	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25021
code250252	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 2.5 (periodo 1999) a escala 1:250 000 que ocupa la segunda mayor superficie dentro del píxel
psup250252	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25022
code250253	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 2.5 (periodo 1999) a escala 1:250 000 que ocupa la tercer mayor superficie dentro del píxel
psup250253	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25023
code250254	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 2.5 (periodo 1999) a escala 1:250 000 que ocupa la cuarta mayor superficie dentro del píxel
psup250254	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25024
code25031	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 3 (periodo 2002) a escala 1:250 000 que ocupa la mayor superficie dentro del píxel
psup25031	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25021
code25032	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 3 (periodo 2002) a escala 1:250 000 que ocupa la segunda mayor superficie dentro del píxel
psup25032	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25022
code25033	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 3 (periodo 2002) a escala 1:250 000 que ocupa la tercer mayor superficie dentro del píxel
psup25033	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25023
code25034	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 3 (periodo 2002) a escala 1:250 000 que ocupa la cuarta mayor superficie dentro del píxel
psup25034	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25024
code25041	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 4 (periodo 2007) a escala 1:250 000 que ocupa la mayor superficie dentro del píxel
psup25041	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25021

Continuación Cuadro 13...

Campo	Contenido
code25042	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 4 (periodo 2007) a escala 1:250 000 que ocupa la segunda mayor superficie dentro del píxel
psup25042	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25022
code25043	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 4 (periodo 2007) a escala 1:250 000 que ocupa la tercer mayor superficie dentro del píxel
psup25043	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25023
code25044	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 4 (periodo 2007) a escala 1:250 000 que ocupa la cuarta mayor superficie dentro del píxel
psup25044	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25024
code25051	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 5 (periodo 2011) a escala 1:250 000 que ocupa la mayor superficie dentro del píxel
psup25051	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25021
code25052	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 5 (periodo 2011) a escala 1:250 000 que ocupa la segunda mayor superficie dentro del píxel
psup25052	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25022
code25053	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 5 (periodo 2011) a escala 1:250 000 que ocupa la tercer mayor superficie dentro del píxel
psup25053	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25023
code25054	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 5 (periodo 2011) a escala 1:250 000 que ocupa la cuarta mayor superficie dentro del píxel
psup25054	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25024
code25061	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 6 (periodo 2014) a escala 1:250 000 que ocupa la mayor superficie dentro del píxel
psup25061	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25021
code25062	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 6 (periodo 2014) a escala 1:250 000 que ocupa la segunda mayor superficie dentro del píxel
psup25062	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25022
code25063	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 6 (periodo 2014) a escala 1:250 000 que ocupa la tercer mayor superficie dentro del píxel
psup25063	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25023
code25064	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 6 (periodo 2014) a escala 1:250 000 que ocupa la cuarta mayor superficie dentro del píxel
psup25064	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25024
code250651	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 6.5 (periodo 2016) a escala 1:250 000 que ocupa la mayor superficie dentro del píxel
psup250651	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25021
code250652	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 6.5 (periodo 2016) a escala 1:250 000 que ocupa la segunda mayor superficie dentro del píxel
psup250652	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25022

Continuación Cuadro 13...

Campo	Contenido
code250653	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 6.5 (periodo 2016) a escala 1:250 000 que ocupa la tercer mayor superficie dentro del píxel
psup250653	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25023
code250654	Código de 11 dígitos para la clase de uso de suelo y vegetación de la serie 6.5 (periodo 2016) a escala 1:250 000 que ocupa la cuarta mayor superficie dentro del píxel
psup250654	Porcentaje relativo a la superficie que ocupa la clase codificada en code25024

COMENTARIOS FINALES

La base de datos que se generó en formato ráster, faculta el análisis temporal a nivel de pixeles individuales, de los cambios en las clases de USyV. Este tipo de análisis permite estudiar cambios en los ecosistemas terrestres, así como la consistencia de la información que se genera, al analizar las alteraciones de USyV a nivel píxel. Los análisis espaciales y temporales de los ecosistemas terrestres y otros objetos, a escala 1: 250 000, permite evaluar sus patrones para asociarlos a pérdidas o ganancias en el contenido de carbono a nivel de pixeles individuales, al analizar los cambios de uso del suelo y vegetación.

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

de Jong, B., C. Anaya, O. Masera, M. Olguin, 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.

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. 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.

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 multidate spatial database for Mexico. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 5:249-261.

Paz, F., E. Castillo, J. C. Cabrera y E. Medrano. 2018a. Base de datos nacional de índices de vegetación: resolución espacial de 250 m y resolución temporal de 10 días. Elementos para Políticas Públicas 2:68-80.

Paz, F., V. M. Romero, J. Argumedo y J. C. Cabrera. 2018b. Base de datos vectoriales multi-temporales de mapas de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000 de México. Elementos para Políticas Públicas 2:45-67.

Salas, V. M. y F. Paz. 2017. Desarrollo de una base de datos geomorfométrica nacional. Elementos para Políticas Públicas 1:15-24.

Salas, V. M. y F. Paz. 2018. Desarrollo de una base de datos climática nacional anual, 1989-2012: resolución 250 m. Elementos para Políticas Públicas 2:1-13.

Vargas, R., D. Alcaraz-Segura, R. Birdsey, N. A. Brunsell, C. O. Cruz-Gaistardo, B. de Jong, J. Etchevers, M. Guevara, D. J. Hayes, K. Johnson, H. W. Loescher, F. Paz, Y. Ryu, Z. Sánchez-Mejía and K. P. Toledo-Gutiérrez. 2017. Enhancing interoperability to facilitate implementation of REDD+: case study of Mexico. Carbon Management 8:57-65.

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.