

## **Vegetación y uso de suelo en el estado Durango. Dinámica de cambios desde 2002 hasta 2016**

### **Land use and vegetation in the state of Durango. Changes dynamics from 2002 to 2016**

Ramón Trucíos-Caciano<sup>1</sup>, Carlos Miguel Ramos-Cruz<sup>2</sup>, Enrique Miguel-Valle<sup>1\*</sup>, Yenifer Moreno-Sepúlveda<sup>1</sup>,  
Juan Estrada-Ávalos<sup>1</sup>, Aldo Rafael Martínez-Sifuentes<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> INIFAP CENID-RASPA, Km. 6.5 margen derecha. Canal de Sacramento, Gómez Palacio, Durango.

<sup>2</sup> Campo Experimental, General Terán-INIFAP, Km 31 Carretera Montemorelos-China. C. P. 67400.  
General Terán, Nuevo León.

\*Autor para correspondencia: enrique.miguel89@hotmail.com

### **RESUMEN**

Los cambios de uso de suelo se relacionan al incremento de las actividades antropogénicas en aquellas áreas que corresponden a usos de suelo o vegetación con menor importancia para el ser humano. En este estudio se establecieron tres categorías de análisis para el cambio de uso de suelo y vegetación (CUSV), ecosistema, estrato y substrato. Dentro de estas categorías de agregación se analizaron cuatro series de tiempo desde 2002 hasta 2016. Se muestran las dinámicas de cambio entre las dos series extremas, Series III y VI, y los cambios absolutos de cuatro Series empleadas. En la información de tablas dinámicas se observa una permanencia de más del 91% de superficie, que no sufre cambio en los tres niveles de agregación. Sin embargo, se observó una mayor presencia de áreas que cambian negativamente hacia procesos de degradación y deforestación, en comparación con aquellas superficies que cambian hacia la regeneración y reforestación. El desarrollo de las series de vegetación, por parte del INEGI, permite el desarrollo de esta información para los especialistas en vegetación, áreas forestales, distritos de riego, entre otros, para el desarrollo de estrategias que permitan un manejo óptimo de los recursos naturales (vegetación) y usos de suelo, para el estado estudiado.

**Palabras clave:** Deforestación, degradación, reforestación y regeneración.

### **ABSTRACT**

Land use changes refer to the increase of anthropogenic activities in those areas that belong to land or vegetation uses with a lower importance for the human being. In this study, three categories of analysis were established for land use and vegetation change (LUV): ecosystem, stratum and substratum. Within these aggregation categories, four time series from 2002 to 2016 were analyzed. The dynamics of change between the two extreme series, Series III and VI, and the absolute changes of four Series used are shown. In the information from dynamic tables, a permanence of more than 91% of surface area is observed, which does not undergo change in the three levels of aggregation. However, a greater presence of areas that change negatively towards degradation and deforestation processes was observed, compared to those areas that change towards regeneration and reforestation. The development of the vegetation series, by INEGI, allows the development of this information for specialists in vegetation, forest areas, irrigation districts, among others, for the development of strategies that allow an optimal management of natural resources (vegetation) and land use, for the state studied.

**Keywords:** Deforestation, degradation, reforestation and regeneration

## INTRODUCCIÓN

El cambio de uso del suelo (CUS), a nivel global, es la principal amenaza en épocas futuras (García, 2015), con una magnitud de influencia que ejerce esta problemática sobre otros procesos como son la pérdida de la biodiversidad, disminución en la generación de servicios ambientales, fragmentación de hábitats silvestres, pérdida de la cubierta arbolada, modificaciones al clima, entre otros (Antonio et al., 2008). El CUS es considerado un factor determinante en el paso de los umbrales y límites de estabilidad y desencadenamiento generalizado y catastrófico de la crisis ambiental (García, 2015). El CUS consiste en la transformación de la cubierta vegetal existente de un lugar determinado para convertirla en otros usos diferentes al uso previo. Este proceso puede provocar la degradación de la calidad de la vegetación, causando alteraciones a la densidad y composición florística. Los factores más conocidos, asociados con los procesos de CUS, son la agricultura, ganadería, apertura y ampliación de infraestructura para asentamientos humanos, comerciales e industriales (Juan-Pérez, 2021). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura afirma que el uso del suelo hace referencia a la función o propósito para el cual el suelo es utilizado por la población humana y puede definirse como las actividades humanas relacionadas directamente con el suelo, haciendo uso de sus recursos o incidiendo en ellos (Briassoulis, 2019). El INEGI, ha desarrollado un conjunto de datos sobre el uso del suelo y cuenta con siete series temporales, las cuales muestran los usos de suelo y vegetación para en un periodo de 1980 a 2021, realizando la clasificación mediante un proceso de fotointerpretación de imágenes satelitales, además la interpretación fue corroborada con datos de campo. Con el fin de brindar a los usuarios continuidad en la situación de los recursos existentes, con esta información se pretende dar información a investigadores en áreas de protección ambiental y reforestación (INEGI, 2017). El objetivo de este estudio es conocer la dinámica de cambio en la vegetación y uso de suelo en el estado de Durango, en el periodo comprendido entre cuatro series temporales (desde 2002 hasta 2016), utilizando sistemas de información geográfica como herramienta de análisis, para dar respuesta al cambio provocado en actividades del sector agropecuario.

## MATERIALES Y METODOS

El área de estudio fue el estado de Durango, con una superficie de 123,364 km<sup>2</sup>. Para el análisis se emplearon las capas temáticas de Uso de suelo y vegetación desarrolladas por el INEGI, específicamente las Series III a la VI.

Se realizó un análisis cuantitativo de cambio de uso de suelo de las series de vegetación III (2002), IV (2007), V (2011) y VI (2016).

La Serie III de INEGI, corresponde a imágenes LANDSAT ETM del año 2002. La Serie IV, fue realizada con imágenes SPOT del año 2007. La serie V de INEGI, corresponde a información interpretada de imágenes de LANDSAT TM5 del año 2011. Finalmente, la serie VI de INEGI, corresponde a información interpretada de imágenes de LANDSAT TM8 y se considera representativa para el año 2016.

Se aplicó la metodología propuesta por la FAO para realizar un análisis de CUS para las cuatro series de tiempo (Albornoz *et al.*, 2021). Para lo anterior, se compatibilizaron las categorías del INEGI con las del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para realizar la comparación entre las series de vegetación (Tabla 1). De igual forma, se emplearon para este análisis tres niveles de agregación: ecosistema, estrato, sub-estrato, a partir de las categorías del IPCC (Tabla 2). En estos niveles de agregación, se analizaron los cambios de categorías de uso de suelo y vegetación. Para el análisis, se utilizó un programa de licencia libre QGIS 3.26 y se emplea una estadística básica incluida en el proceso de análisis de CUS.

**Tabla 1.** Categorías de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI y del IPCC.

| Categoría INEGI                            | Categoría IPCC                           |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|
| Bosque cultivado                           | Bosque cultivado BC                      |
| Bosque de pino                             |                                          |
| Bosque de pino vs arbórea                  |                                          |
| Bosque de ayarín                           | Bosque de coníferas BCo                  |
| Bosque de ayarín vs arbórea                |                                          |
| Bosque de táscate                          |                                          |
| Bosque de oyamel                           |                                          |
| Bosque de pino vs arbustiva                | Bosque de coníferas secundario BCos      |
| Bosque de pino vs herbácea                 |                                          |
| Bosque de táscate vs arbustiva             |                                          |
| Bosque de encino                           | Bosque de encino BE                      |
| Bosque de encino vs arbórea                |                                          |
| Bosque de encino vs arbustiva              | Bosque de encino secundario BEs          |
| Bosque de encino vs herbácea               |                                          |
| Bosque mesófilo de montaña                 | Bosque mesófilo de montaña BMM           |
| Bosque mesófilo de montaña vs arbórea      |                                          |
| Bosque de pino-encino                      |                                          |
| Bosque de pino-encino vs arbórea           | Bosque de coníferas mix BCom             |
| Bosque de pino-encino vs arbustiva         |                                          |
| Bosque de pino-encino vs herbácea          | Bosque de coníferas secundario mix BCosm |
| Bosque de encino-pino                      |                                          |
| Bosque de encino-pino vs arbórea           | Bosque de encino mix BEm                 |
| Bosque de encino-pino vs arbustiva         |                                          |
| Bosque de encino-pino vs herbácea          | Bosque de encino secundario mix BEsm     |
| Selva mediana subcaducifolia               |                                          |
| Selva mediana subcaducifolia vs arbórea    | Selva subcaducifolia SS                  |
| Selva mediana subcaducifolia vs arbustiva  |                                          |
| Selva mediana subcaducifolia vs herbácea   | Selva subcaducifolia secundaria SSs      |
| Selva baja caducifolia                     | Selva caducifolia SC                     |
| Selva baja caducifolia vs arbórea          |                                          |
| Selva baja caducifolia vs arbustiva        | Selva caducifolia secundaria SCs         |
| Selva baja caducifolia vs herbácea         |                                          |
| Bosque de mezquite                         | Especial otros tipos EOt                 |
| Bosque de mezquite vs arbórea              | Especial otros tipos secundario EOts     |
| Bosque de mezquite vs arbustiva            |                                          |
| Chaparral                                  |                                          |
| Matorral submontano                        |                                          |
| Matorral desértico micrófilo               |                                          |
| Matorral desértico rosetófilo              |                                          |
| Matorral crasicaule                        | Matorral xerófilo MX                     |
| Mezquital xerófilo                         |                                          |
| Vegetación de desiertos arenosos           |                                          |
| Vegetación halófila xerófila               |                                          |
| Vegetación gipsófila                       |                                          |
| Matorral desértico micrófilo vs arbustiva  |                                          |
| Matorral desértico rosetófilo vs arbustiva | Matorral xerófilo secundario MXs         |
| Matorral crasicaule vs arbustiva           |                                          |

|                                                  |                                     |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Vegetación de desiertos arenosos vs arbustiva    |                                     |
| Vegetación halófila xerófila vs arbustiva        |                                     |
| Tular                                            |                                     |
| Vegetación de galería                            |                                     |
| Bosque de galería                                | Vegetación hidrófila VH             |
| Bosque de galería vs arbórea                     |                                     |
| Bosque de galería vs arbustiva                   |                                     |
| Vegetación de galería vs arbustiva               | Vegetación hidrófila secundaria VHs |
| Pastizal natural                                 |                                     |
| Pastizal halófilo                                |                                     |
| Pastizal inducido                                | Pastizal P                          |
| Pastizal cultivado                               |                                     |
| Pastizal natural vs arbustiva                    |                                     |
| Pastizal halófilo vs arbustiva                   |                                     |
| Agricultura de riego anual                       |                                     |
| Agricultura de riego anual y permanente          |                                     |
| Agricultura de riego anual y semipermanente      |                                     |
| Agricultura de riego permanente                  |                                     |
| Agricultura de riego semipermanente              | Agricultura A                       |
| Agricultura de riego semipermanente y permanente |                                     |
| Agricultura de temporal anual                    |                                     |
| Agricultura de temporal permanente               |                                     |
| Agricultura de temporal semipermanente           |                                     |
| Urbano construido                                | Asentamientos humanos AH            |
| Zona urbana                                      | Zona urbana ZU                      |
| Asentamientos humanos                            | Asentamientos humanos AH            |
| Cuerpo de agua                                   | Cuerpo de agua CA                   |
| Desprovista de vegetación                        |                                     |
| Sin vegetación aparente                          | Sin vegetación aparente SV          |

**Tabla 2.** Niveles de agregación empleados: Ecosistema, Estrato y Subestrato basados en las Categorías del IPCC.

| Ecosistema         | Estrato | Sub-estrato                         | Categoría                                |
|--------------------|---------|-------------------------------------|------------------------------------------|
|                    |         | Bosque cultivado BC                 | Bosque cultivado BC                      |
|                    |         | Bosque de coníferas BCo             | Bosque de coníferas BCo                  |
|                    |         | Bosque de coníferas secundario BCos | Bosque de coníferas secundario BCos      |
|                    |         | Bosque de encino BE                 | Bosque de encino BE                      |
|                    |         | Bosque de encino secundario BEs     | Bosque de encino secundario BEs          |
|                    |         | Bosque de encino BE                 | Bosque mesófilo de montaña BMM           |
|                    |         | Bosque mixto BM                     | Bosque de coníferas mix BCom             |
|                    |         | Bosque mixto BM                     | Bosque de encino mix BEm                 |
|                    |         | Bosque mixto secundario BMs         | Bosque de coníferas secundario mix BCosm |
|                    |         | Bosque mixto secundario BMs         | Bosque de encino secundario mix          |
| Bosque templado BT |         |                                     |                                          |



|                            |                                      |                                                  |                                      |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                            |                                      |                                                  | BEsm                                 |
|                            | Selva tropical ST                    | Selva tropical ST                                | Selva subcaducifolia SS              |
|                            |                                      | Selva tropical secundario STs                    | Selva subcaducifolia secundaria SSs  |
| Selva tropical ST          |                                      | Selva baja tropical caducifolia SBTC             | Selva caducifolia SC                 |
|                            | Selva baja tropical caducifolia SBTC | Selva baja tropical caducifolia secundaria SBTCs | Selva caducifolia secundaria SCs     |
|                            |                                      | Matorral xerófilo MX                             | Especial otros tipos EOt             |
| Matorral xerófilo MX       | Matorral xerófilo MX                 |                                                  | Matorral xerófilo MX                 |
|                            |                                      | Matorral xerófilo secundario MXs                 | Especial otros tipos secundario EOts |
|                            |                                      |                                                  | Matorral xerófilo secundario MXs     |
|                            |                                      | Vegetación hidrófila VH                          | Vegetación hidrófila VH              |
| Otros tipos O              | Otros tipos O                        | Vegetación hidrófila secundaria VHs              | Vegetación hidrófila secundaria VHs  |
|                            |                                      | Pastizal P                                       | Pastizal P                           |
|                            |                                      | Agricultura A                                    | Agricultura A                        |
|                            |                                      | Asentamientos humanos AH                         | Zona urbana ZU                       |
| Sin vegetación aparente SV | Sin vegetación aparente SV           | Cuerpo de agua CA                                | Asentamientos humanos AH             |
|                            |                                      | Sin vegetación aparente SV                       | Cuerpo de agua CA                    |
|                            |                                      |                                                  | Sin vegetación aparente SV           |

la tabla. Procesos como *regeneración* (celdas con números en cursivas) y **reforestación** (cursivas y negritas) ocurrieron en 0.1% y 1.25%, respectivamente. Por otra parte, hubo superficie con degradación de la vegetación (celdas subrayadas) y **deforestación** (subrayado y negrita), con 0.59% y 1.55% respectivamente.

**Tabla 3.** Matriz de transición entre las series III y VI de INEGI para el estado de Durango a nivel ecosistema.

| SIII (2002) | SVI (2016)     |                |                |                |               |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
|             | BT             | ST             | MX             | O              | SV            |
| BT          | 5081478.3      | <u>72924.3</u> | <u>373.7</u>   | <b>79758.1</b> | <b>961.6</b>  |
| ST          | 11276.7        | 538885.8       | <u>20.8</u>    | <b>17172.1</b> | <b>1613.6</b> |
| MX          | 779.6          | 1.1            | 2717095.1      | <b>85780.8</b> | <b>6404.6</b> |
| O           | <b>58372.7</b> | <b>3610.0</b>  | <b>89755.8</b> | 3476012.6      | 13593.0       |
| SV          | <b>40.9</b>    | <b>4.2</b>     | <b>2255.1</b>  | 3790.5         | 67519.1       |

### Nivel Estrato

El nivel estrato comprende siete categorías de uso de suelo y vegetación. Es el nivel intermedio de agregación que se utilizó en este estudio. En la tabla 4, se muestra la transición que hubo entre las Series III (2002) y VI (2016). Con este nivel de agregación, las áreas sin cambio, representaron el 94.7% de la superficie estatal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estado de Durango, de acuerdo a la cartografía empleada, realizada por el INEGI, tiene una superficie en el SIG de 123294 km<sup>2</sup>, lo cual es muy similar a la reportada de manera oficial para este estado. Se muestra a continuación la transición de las dos series extremas, Serie III y Serie VI.

### Nivel Ecosistema

El ecosistema fue el mayor nivel de agregación empleado que incluye las cinco categorías mostradas en la Tabla 2. A nivel ecosistema (Tabla 3), las áreas sin cambios de las cinco categorías de ecosistemas fue una superficie de 118,809.9 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 93.36% de la superficie del estado. En la tabla 3, esta información se encuentra en el área que intersecta a ambos ejes en la parte intermedia de



**Tabla 4.** Matriz de transición entre las series III y VI de INEGI para el estado de Durango a nivel estrato.

| SIII<br>(2002) | SVI (2016)     |                |                |              |               |                |                |               |
|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
|                | BCo            | BE             | BM             | ST           | SBTC          | MX             | O              | SV            |
| BCo            | 2192051.6      | 16014.3        | 72655.5        | 8.6          | 5215.3        | 274.7          | <b>39240.1</b> | <b>308.3</b>  |
| BE             | 2842.0         | 848481.4       | 11481.7        | 468.7        | 47346.6       | 98.2           | <b>19217.6</b> | <b>177.4</b>  |
| BM             | 79204.5        | 15173.7        | 1843573.6      | 309.8        | 19575.4       | 0.8            | <b>21300.3</b> | <b>475.9</b>  |
| ST             | 88.4           | 567.0          | 955.7          | 22812.5      | 469.8         |                | <b>1171.9</b>  |               |
| SBTC           | 175.6          | 4802.2         | 4687.9         | 1286.6       | 514316.9      | 20.8           | <b>16000.2</b> | <b>1613.6</b> |
| MX             | 52.7           | 725.3          | 1.6            |              | 1.1           | 2717095.1      | <b>85780.8</b> | <b>6404.6</b> |
| O              | <b>15152.9</b> | <b>31623.3</b> | <b>11596.5</b> | <b>782.2</b> | <b>2827.7</b> | <b>89755.8</b> | 3476012.6      | 13593.0       |
| SV             | <b>6.5</b>     | <b>1.9</b>     | <b>32.5</b>    |              | <b>4.2</b>    | <b>2255.1</b>  | 3790.5         | 67519.1       |

*Regeneración* (celdas con números en cursivas) y ***reforestación*** (cursivas y negritas), tuvieron presencia en 0.11 % y 1.25% respectivamente; mientras que *degradación* (celdas subrayadas) y ***deforestación*** (celdas subrayadas y negritas) se presentaron en 0.60% y 1.55% de la superficie. En este nivel de agregación, se incluyeron categorías que se consideran como “permanencia” (celdas con sombreado) y corresponden a cambios entre las categorías de bosque templado (bosque de encino, pino y mixto), con una superficie de 1.60% que permaneció en estas categorías. Al igual que en el nivel de agregación anterior, se tuvo una pérdida de Otros Usos (agrícola, pecuario y forestal) de 13,593 ha que ya no cuentan con vegetación (SV).

Nivel Subestrato

El nivel subestrato tuvo 20 categorías de uso de suelo y vegetación. Es el nivel de agregación analizado con mayor detalle, en categorías, de los tres analizados en este estudio. En la tabla 5, se muestra la transición que hubo entre las Series III (2002) y VI (2016). Las áreas sin cambio de categoría fue el 91.42% del estado de Durango. La superficie que “permaneció” en categorías similares fue 1.68% (celdas con sombreado suave).

Por su parte, la *regeneración* (celdas con números en cursivas) y ***reforestación*** (cursivas y negritas), se presentó en 0.37 % y 1.26% respectivamente; Por otra parte, la *degradación* (celdas subrayadas) y ***deforestación*** (celdas subrayadas y negritas) se presentaron en 2.58% y 1.55% de la superficie. Superficies directamente relacionadas a CUS fueron 1.14% de la superficie (celdas con sombreado fuerte).

**Tabla 5.** Matriz de transición entre las series III y VI de INEGI para el estado de Durango a nivel sub-estrato.

| SIII<br>(2002) | SVI<br>(2016) |               |               |              |             |              |              |              |              |            |             |               |              |            |           |          | VH<br>s |  |  |  | P             | A             | AH         | CA          | SV         |
|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|-------------|---------------|--------------|------------|-----------|----------|---------|--|--|--|---------------|---------------|------------|-------------|------------|
|                | BC            | BCo           | BM            | BE           | ST          | SBTC         | BCos         | BMs          | BEs          | STs        | SBTCs       | MX            | MXs          | VH         |           |          |         |  |  |  |               |               |            |             |            |
| BC             | 93.0          |               |               |              |             |              |              |              |              |            |             |               |              |            |           |          |         |  |  |  |               |               |            |             |            |
| BCo            |               | 166334<br>8.4 | 56254.<br>5   | 9567.<br>4   | 8.6         | 2740.<br>6   | 12594<br>9.5 | 13192<br>7   | 6062<br>5    |            | 2468<br>4   | 251.8         |              |            |           |          |         |  |  |  | 15364.<br>0   | 13396.<br>0   | 1.0        | -           | -          |
| BM             |               | 73968.<br>0   | 149542<br>6.5 | 9662.<br>5   | 242.6       | 8660.<br>7   | 2416<br>3    | 52956<br>1   | 5201<br>4    | 2.8        | 7486<br>8   | 0.2           |              | 0.4        |           |          |         |  |  |  | 10173.<br>5   | 6247.5        | 37.6       | 0.3         | 437.<br>8  |
| BE             |               | 2626.5        | 8514.4        | 60462<br>9.9 | 461.7       | 23547<br>7   | 98.2         | 1387<br>4    | 34217<br>6   | 4.4        | 1775<br>1.8 | 4.8           | 68.9         | 4.4        |           |          |         |  |  |  | 8015.8        | 4236.9        | 37.5       | 0.6         | 139.<br>1  |
| ST             |               | 88.4          | 709.8         | 558.2        | 2194<br>5.2 | 467.6        |              | 236.0        | 7.7          | 413<br>4   | 2.2         |               |              | 450.<br>0  |           |          |         |  |  |  | 191.5         | 530.3         | -          | -           | 647.<br>4  |
| SBTC           |               | 149.0         | 4297.8        | 3098.<br>3   | 1285.<br>5  | 43081<br>3.6 | 12.6         | 76.8         | 1085.<br>6   |            | 6934<br>5   |               |              | 191.<br>7  |           |          |         |  |  |  | 2476.1        | 8             | 226.4      | 1.9         | 4          |
| BCos           |               | 10200.<br>3   | 2545.1        | 371.7        |             | 5.2          | 39246<br>1.6 | 663.1        | 12.6         |            | 1.2         | 23.0          |              |            |           |          |         |  |  |  | 5226.2        | 5254.0        | 92.1       | 42.0        | 21.0       |
| BMs            |               | 2644.7        | 7335.9        | 236.7        | 53.5        | 295.0        | 175.5        | 28785<br>4.8 | 73.2         | 11.<br>0   | 3132<br>8   | 0.6           |              | 4.2        |           |          |         |  |  |  | 1953.8        | 2920.9        | 0.1        | 0.1         | -          |
| BEs            |               | 65.8          | 1322.2        | 1700.<br>8   | 2.5         | 5903.<br>6   | 51.6         | 257.6        | 20793<br>3.0 |            | 143.5       | 4.1           | 20.4         |            |           |          |         |  |  |  | 4818.2        | 2142.4        | 0.1        | 0.2         | -          |
| STs            |               |               | 6.1           | 1.1          | 3.8         |              |              | 3.8          |              | 450.<br>0  |             |               |              |            |           |          |         |  |  |  | -             | -             | -          | -           | 737.<br>6  |
| SBTCs          |               | 11.8          | 294.1         | 113.1        | 1.1         | 2756.<br>1   | 2.1          | 19.3         | 505.1        |            | 7381<br>2.5 | 20.8          |              | 79.6       |           |          |         |  |  |  | 917.6         | 1022.4        | 0.2        | -           | 1756.<br>9 |
| MX             |               | 52.1          | 0.3           | 49.0         |             |              | 0.7          | 1.3          | 675.3        |            | 1.1         | 238326<br>1.3 | 28082<br>8   |            |           |          |         |  |  |  | 22294.<br>5   | 25275.<br>4   | 1576.<br>1 | 476.9       | 1756.<br>9 |
| MXs            |               |               | 0.9           |              |             |              |              | 0.1          |              |            |             | 14934.<br>3   | 29081<br>6.7 |            |           |          |         |  |  |  | 2930.5        | 5             | 3          | 113.8       | 67.6       |
| VH             |               |               |               |              |             |              |              |              |              |            | 2.7         |               |              | 215.<br>1  |           |          |         |  |  |  | 0.3           | 9.6           | -          | -           | -          |
| VHs            |               | 0.1           | 6565.2        | 8313.4       | 5024.<br>5  | 736.7        | 1353.<br>5   | 4875.<br>5   | 1746.<br>6   | 23427<br>0 | 45.<br>5    | 549.8         | 11129.<br>3  | 58704<br>4 | 1290<br>1 | 104<br>6 |         |  |  |  | 223688<br>7.7 | 82010.<br>2   | 2107.<br>5 | 901.0       | 827.<br>8  |
| P              |               | 2775.6        | 1281.3        | 377.1        | 0.0         | 504.6        | 936.5        | 255.1        | 2794.<br>6   |            | 410.1       | 9642.5        | 10279<br>4   | 175.<br>5  | 209<br>7  |          |         |  |  |  | 40926.<br>3   | 111418<br>3.6 | 8749.<br>9 | 729.0       | 277.<br>9  |
| A              |               | 0.9           | 1.2           | 32.1         |             | 1.8          |              | 0.0          | 1.4          |            |             | 11.5          | 22.7         | 0.1        |           |          |         |  |  |  |               | 2361<br>6.7   |            | 2.9         | 6.7        |
| AH             |               |               | 1.1           | 0.4          | 0.5         | 2.5          | 3.2          | 0.0          | 0.0          |            |             | 154.7         | 14.0         | 0.1        | 7.6       |          |         |  |  |  | 162.3         | 321.3         | 6.7        | 3878<br>0.0 | 405.<br>4  |
| CA             |               |               |               |              |             |              |              |              |              |            |             | 893.5         | 1158.<br>8   |            |           |          |         |  |  |  | 173.7         | 430.1         | 185.0      | 0.0         | 4522<br>4  |
| SV             |               |               |               |              |             |              |              |              |              |            |             |               |              |            |           |          |         |  |  |  | 528.9         | 2166.4        |            |             | 4          |

A medida en que se incrementa el número de categorías por nivel de agregación (ecosistema - estrato - subestrato), disminuye el porcentaje de las categorías que no tuvieron cambio. De forma contraria, se incrementa la superficie de reforestación, regeneración, deforestación, y en mayor medida la superficie de degradación.

El nivel de detalle mostrado en las tablas 3, 4 y 5 contrasta con los cambios absolutos que se observan en la tabla 6. Esta última tabla, contiene los cambios absolutos a nivel de subestrato para las Series III, IV, V y VI.

En un sombreado suave se observan los cambios negativos, es decir, las disminuciones en superficie. En un sombreado oscuro, se observan

los cambios positivos o incrementos en superficie. Mientras que la superficie que tuvo cambios menores al 0.01% se consideró como "sin cambio" para este estudio, las celdas no tienen sombreado. En la última columna, del extremo derecho, se observa el cambio total desde la Serie III (2002) hasta la Serie VI (2016). En esta columna solo se observan cambios positivos y negativos. Destaca la disminución de bosques primarios como Bosque de Coníferas, Encino, Mixto y Selva Tropical. Por el contrario, de estos mismos bosques, pero con vegetación secundaria, mostraron un incremento superficial.

Tabla 6. Cambio de uso de suelo y vegetación, “absoluto” por sustrato, para las series III, IV, V y VI de INEGI para el estado de Durango.

| SUBESTRATO | S_III      |        | S_IV       |        | S_V        |        | S_VI       |        | SIII-SVI   |
|------------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|
|            | ha         | %      | ha         | %      | ha         | %      | ha         | %      | ha         |
| BC         | 94.00      | 0.00%  | 94.00      | 0.00%  | 94.00      | 0.00%  | 93.99      | 0.00%  | -0.01      |
| BCo        | 1908755.48 | 15.48% | 1931212.76 | 15.66% | 1928718.64 | 15.64% | 1762498.09 | 14.29% | -146257.39 |
| BM         | 1672921.16 | 13.57% | 1576252.86 | 12.78% | 1579400.69 | 12.81% | 1586333.86 | 12.87% | -86587.30  |
| BE         | 705747.96  | 5.72%  | 647417.73  | 5.25%  | 648474.10  | 5.26%  | 635391.81  | 5.15%  | -70356.15  |
| ST         | 25600.45   | 0.21%  | 24884.74   | 0.20%  | 24937.47   | 0.20%  | 24741.27   | 0.20%  | -859.18    |
| SBTC       | 462609.84  | 3.75%  | 474773.16  | 3.85%  | 473725.35  | 3.84%  | 477059.54  | 3.87%  | 14449.70   |
| BCos       | 416919.01  | 3.38%  | 428084.14  | 3.47%  | 428082.63  | 3.47%  | 526983.19  | 4.27%  | 110064.18  |
| BMs        | 306692.58  | 2.49%  | 330982.76  | 2.68%  | 323714.86  | 2.63%  | 358650.47  | 2.91%  | 51957.89   |
| BEs        | 224365.82  | 1.82%  | 250173.21  | 2.03%  | 257579.08  | 2.09%  | 281997.00  | 2.29%  | 57631.18   |
| STs        | 464.87     | 0.00%  | 1006.34    | 0.01%  | 927.12     | 0.01%  | 927.14     | 0.01%  | 462.27     |
| SBTCs      | 80293.78   | 0.65%  | 106515.64  | 0.86%  | 106017.70  | 0.86%  | 112697.39  | 0.91%  | 32403.61   |
| MX         | 2463503.45 | 19.98% | 2398982.33 | 19.46% | 2436687.84 | 19.76% | 2420332.18 | 19.63% | -43171.27  |
| MXs        | 346557.85  | 2.81%  | 338966.95  | 2.75%  | 380765.12  | 3.09%  | 389168.02  | 3.16%  | 42610.17   |
| VH         | 234.67     | 0.00%  | 1631.36    | 0.01%  | 1744.86    | 0.01%  | 2411.20    | 0.02%  | 2176.53    |
| VHs        | 0.01       | 0.00%  | 667.14     | 0.01%  | 667.15     | 0.01%  | 321.87     | 0.00%  | 321.86     |
| P          | 2446600.33 | 19.84% | 2347764.46 | 19.04% | 2352926.96 | 19.08% | 2353040.83 | 19.08% | -93559.50  |
| A          | 1194508.91 | 9.69%  | 1385375.25 | 11.24% | 1303416.11 | 10.57% | 1306740.09 | 10.60% | 112231.18  |
| AH         | 24181.61   | 0.20%  | 30854.33   | 0.25%  | 32389.18   | 0.26%  | 39126.03   | 0.32%  | 14944.42   |
| CA         | 40158.32   | 0.33%  | 41083.38   | 0.33%  | 41595.86   | 0.34%  | 41117.37   | 0.33%  | 959.05     |
| SV         | 9269.90    | 0.08%  | 12757.47   | 0.10%  | 7615.28    | 0.06%  | 9848.66    | 0.08%  | 578.76     |

Se observó también, un incremento en Matorral Xerófito secundario, Vegetación hidrófila, Agricultura, Asentamientos Humanos, Cuerpos de agua y áreas sin vegetación. Sin embargo, Matorral Xerófito y Pastizal, disminuyeron.

La disminución en superficie de bosques de Durango, es decir, los procesos de deforestación y degradación, ya han sido reportados para este estado en series anteriores de vegetación (Trucíos *et al*, 2012), al igual que en el caso de selva y matorrales. Por otra parte, los resultados del Inventario Nacional Forestal (CONAFOR, 2014) se observan diferencias a la baja, es decir, la superficie de áreas forestales es menor en las Series de Vegetación, en comparación con los datos del INFyS.

## CONCLUSIONES

Este estudio nos muestra dos elementos para presentar resultados de cambio de uso de suelo. Uno de ellos es el cambio absoluto, donde se obtiene el incremento y/o disminución de superficies de vegetación y uso de suelo, mientras que el segundo hace referencia a niveles de

agregación de la información. Combinando ambos elementos, se pudo observar la categoría sometida a cambio de uso de suelo o vegetación, la magnitud del cambio y la fecha de cuando se realizó. Lo anterior, destaca la importancia de continuar con el desarrollo de las series de uso de suelo y vegetación del INEGI, que se consideran como herramientas de alto grado de consulta e impacto para manejadores y administradores tanto de recursos naturales como de actividades que implementen uso de los mismos o que administren actividades antropogénicas.

## LITERATURA CITADA

- Albornoz, A., Alegría D., Cortés, F. y Moya, J. (2021). Protocolo metodológico para la elaboración de cartografías de usos y cambios de usos de la tierra. FAO y MINAGRI. <https://doi.org/10.4060/cb0845e>
- Antonio N., Treviño, E., & Jurado, E. (2008). Fragmentación forestal en la subcuenca del río Pilón: diagnóstico y prioridades. *Madera y Bosques*, 14(3), 5-23.

- Brassoulis, H. (2019). Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches. USA. Regional Research Institute, West Virginia University. Editado por Scott Loveridge and Randall Jackson. Consultado el 15 de marzo de 2020 en: <https://researchrepository.wvu.edu/rri-web-book/3>
- CONAFOR. (2014). Inventario Estatal Forestal y de Suelos. Durango 2013. ISBN. 978-607-8383-09-2
- García, G. (2015). Cambio de uso del suelo y grado de cobertura arbolada en el Ejido Agua Bendita, Municipio de Amanalco, Estado de México: 1989–2012. Tesis de Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática. Toluca, México: Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México.
- INEGI. (2021). Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250,000, Serie VII. Conjunto Nacional. Escala: 1:250,000. Edición: 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- Juan-Perez, J. I. (2021). Estudio de los procesos de cambio de uso del suelo en México Fundamentos teóricos y metodológicos. 1a. edición. CONACYT. pp. 153
- Trucios-Caciano, R., Valenzuela-Nuñez, L. M., Ríos-Saucedo, J. C., Rivera-González, M., & Estrada-Ávalos, J. (2012). Cambio de uso de suelo en Coahuila y Durango. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, XI(2),68-7