

Dinámicas de Cambio en la Vegetación y Uso del Suelo en el Estado de México: Tendencias y Transformaciones (2001-2014)

Parix Lunex Luna Palacios 1
Abigail García Valerio 1
Salvador Adame Martínez 1

Introducción

El análisis de los cambios en la vegetación y los usos del suelo es un proceso de gran complejidad, dado que implica una amplia gama de factores que influyen en las transformaciones observadas en el entorno. Estos factores son diversos y abarcan aspectos políticos, sociales, económicos y culturales, los cuales pueden tener efectos tanto directos como indirectos sobre la transformación del ambiente (FAO, 2020). Los cambios en las coberturas no son fenómenos aislados, sino que están estrechamente vinculados a dinámicas globales y locales que reflejan las decisiones y los comportamientos humanos en múltiples niveles.

En este contexto, diversos países han asumido compromisos globales en materia de conservación de los recursos naturales, tal como se establece en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En particular, el objetivo 15.2 aborda la necesidad de "promover la gestión sostenible de todos los tipos de bosques, poner fin a la deforestación, recuperar los bosques degradados e incrementar la forestación y la reforestación a nivel mundial" (ONU, 2022). Este objetivo subra-



1 Universidad Autónoma del Estado de México

ya la importancia de implementar políticas y acciones que no solo detengan la destrucción de los ecosistemas forestales, sino que también fomenten su restauración y conservación. Estas medidas son esenciales para mitigar el impacto negativo que la deforestación y el deterioro de los bosques tienen sobre la biodiversidad, el clima y la calidad de vida (Bocco et al., 2001).

En la actualidad, los efectos de la deforestación y la degradación ambiental son cada vez más evidentes, afectando gravemente el equilibrio ecológico y las condiciones de vida de las comunidades (CONAFOR, 2023). El Estado de México no es la excepción en este tipo de procesos; por ello, cuantificar y conocer el estado actual de cada tipo de cobertura resulta fundamental para mejorar las medidas de conservación y mitigar las consecuencias futuras.

El objetivo principal de este trabajo es analizar los cambios ocurridos en la vegetación y el uso del suelo en el Estado de México durante el periodo comprendido entre 2001 y 2014, con el propósito de identificar las áreas con mayor y menor expansión de cobertura. Este análisis permitió determinar qué partes del Estado han experimentado las transformaciones más significativas, así como localizar las transiciones entre las diferentes coberturas del suelo. A partir de ello, se interpretaron las tendencias en el comportamiento de estas dinámicas a lo largo del tiempo.

Esta información proporciona evidencias claras

sobre la magnitud de la afectación antrópica en el territorio. Para ello, se emplearon tecnologías de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), las cuales permiten realizar análisis detallados y precisos de las dinámicas espaciales y temporales del uso del suelo.

Métodos y materiales

La obtención de información cartográfica sobre el uso del suelo y la vegetación se basó en las cartas de uso del suelo del INEGI series II y VI (INEGI, 2023), las cuales fueron comparadas y homologadas para generar una cartografía estandarizada. Este proceso resulta esencial para realizar un análisis comparativo de los cambios en el uso del suelo a lo largo del tiempo, garantizando la consistencia de los datos analizados.

La clasificación de coberturas empleada se basó en el método de Miranda y Hernández (1963), que identifica doce clases de uso del suelo. Esta metodología proporcionó una base sólida para comprender la distribución de las coberturas y es de utilidad para estudios futuros sobre los cambios en el uso del suelo y la vegetación.

Una vez completado el proceso de clasificación, se procedió con la limpieza y homologación de los datos, lo que permitió la generación de archivos en formato ráster. Estos archivos facilitan la visualización y superposición de los datos con otros conjuntos geoespaciales, posibilitando realizar análisis detallados y confiables de las dinámicas del uso del suelo.



La homologación de los archivos fue un paso clave para llevar a cabo un análisis temporal mediante el software TERRSET, específicamente utilizando el módulo Land Change Modeler, éste comparó las coberturas del suelo en distintos momentos, facilitando la identificación y visualización de las transformaciones ocurridas entre 2001 y 2014.

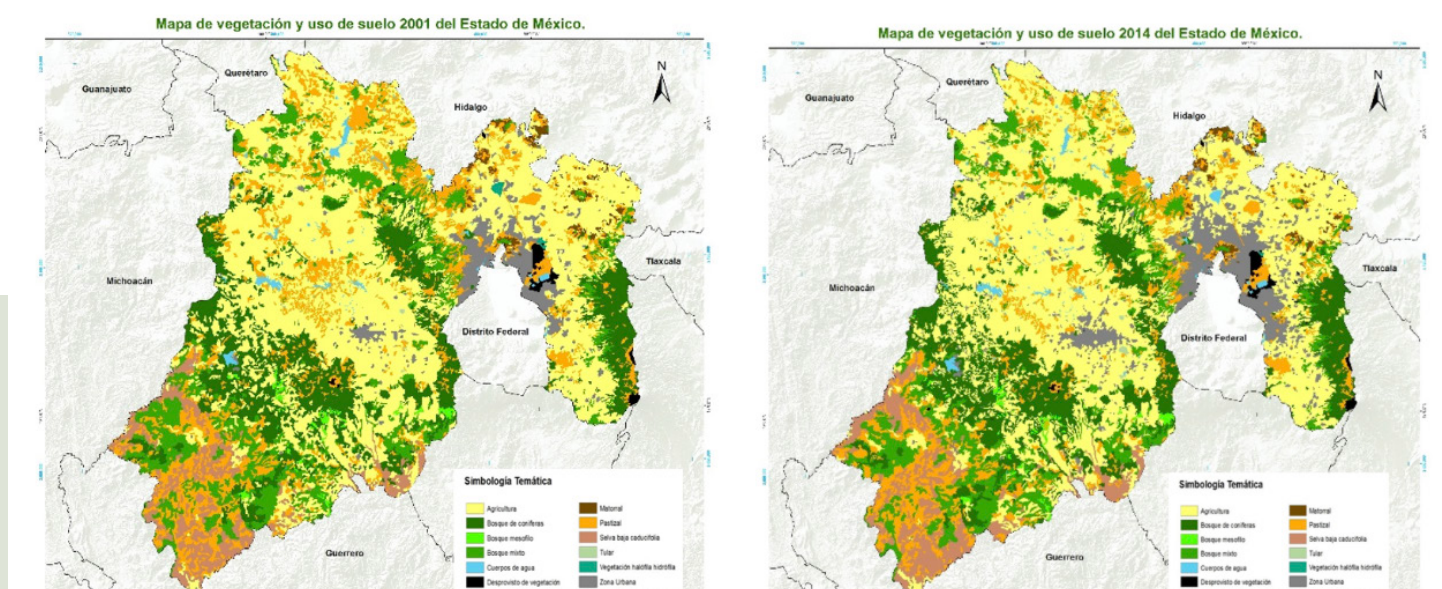
El análisis de los cambios en la cobertura del suelo es fundamental para evaluar fenómenos como la deforestación, la degradación ambiental y las alteraciones en los ecosistemas. La tasa de cambio, que mide la velocidad y magnitud de las transformaciones, es un indicador crucial para comprender estos procesos (Pontius & McEachern, 2004; Pontius & Petrova, 2010)

Por último, la generación de la matriz de Pontius fue empleada para cuantificar los cambios ocurridos en cada tipo de cobertura. Esta herramienta permitió identificar tendencias de cambio de manera más precisa y facilita la localización de áreas críticas de transformación.

Resultados

Durante el periodo analizado, el Estado de México experimentó transformaciones en la cobertura y el uso del suelo, reflejo de dinámicas socioeconómicas y ambientales. La imagen 1 permite identificar las tendencias predominantes; proporcionando una base para la toma de decisiones en materia de conservación y gestión sostenible del territorio.

Imagen 1.- Dinámicas de cambio de vegetación y uso de suelo (2001 y 2014)



Fuente: Elaboración propia, con base en cartografía de uso de suelo y vegetación serie II y serie VI del INEGI.

Por otra parte; se identificó la tasa de cambio para cada tipo de cobertura. Aquí, se muestran los comportamientos diferenciados (Tabla 1), como una disminución en la extensión de los pastizales y un aumento en las áreas urbanas.

	Superficie 2001 (ha)	Superficie 2014 (ha)	Tasa de cambio del periodo	Tasa de cambio anual
Agricultura	985,963.00	987,524.50	0.16	0.02
Bosque de coníferas	360,658.00	364,348.50	1.02	0.15
Bosque mesófilo	12,118.50	11,827.00	-2.41	-0.34
Bosque mixto	262,753.75	257,860.00	-1.86	-0.27
Cuerpos de agua	17,605.25	19,255.00	9.37	1.34
Desprovisto de vegetación	10,463.25	11,078.75	5.88	0.84
Matorral	18,427.25	16,979.25	-7.86	-1.12
Pastizal	373,333.00	293,477.50	-21.39	-3.06
Selva baja caducifolia	109,520.75	121,019.50	10.50	1.50
Tular	848.75	1,631.50	92.22	13.17
Vegetación halófila hidrófila	2,708.50	274.25	-89.87	-12.84
Zona Urbana	79,140.25	148,264.50	87.34	12.48

Tabla 1.- Tasas de cambio de coberturas / Fuente propia

Los resultados obtenidos indican que uno de los cambios más significativos en el territorio ha sido la conversión de áreas agrícolas en zonas urbanas, un fenómeno que evidencia la expansión de las actividades humanas sobre los ecosistemas naturales. Asimismo, se identifican diversas transiciones entre los tipos de cobertura, lo que permite detectar patrones de degradación y transformación del paisaje (Camacho, 2015; Pineda et al., 2009).

Entre las coberturas predominantes, el pastizal destaca como una de las más representativas; sin embargo, su extensión ha disminuido considerablemente debido al incremento de las tierras agrícolas. Este proceso de pérdidas y ganancias de coberturas refleja una dinámica continua e intensificada, impulsada principalmente por actividades humanas como la urbanización y la expansión agrícola, tal como se muestra en las Tablas 2 y 3.

	Total 2014	%	Total 2001	%	Ganancias	%	Pérdidas	%
Agricultura	982,295.50	44.19	980,936.25	44.13	128,463.75	5.78	129,823.00	5.84
Bosque de coníferas	362,717.50	16.32	359,034.50	16.15	48,067.75	2.16	51,750.75	2.33
Bosque mesófilo	11,819.25	0.53	12,106.75	0.54	2,590.00	0.12	2,302.50	0.10
Bosque mixto	256,666.50	11.55	261,546.25	11.77	54,042.25	2.43	49,162.50	2.21
Cuerpos de agua	19,157.50	0.86	17,491.50	0.79	2,422.25	0.11	4,088.25	0.18
Desprovisto de vegetación	11,018.00	0.50	10,413.00	0.47	482.50	0.02	1,087.50	0.05
Matorral	16,900.00	0.76	18,319.75	0.82	4,991.50	0.22	3,571.75	0.16
Pastizal	292,033.25	13.14	371,418.50	16.71	142,963.75	6.43	63,578.50	2.86
Selva baja caducifolia	120,597.00	5.43	109,126.50	4.91	25,750.00	1.16	37,220.50	1.67
Tular	1,625.00	0.07	845.25	0.04	213.00	0.01	992.75	0.04
Vegetación halófila hidrófila	273.75	0.01	2,693.25	0.12	2,421.50	0.11	2.00	0.00
Zona Urbana	147,610.75	6.64	78,782.50	3.54	668.25	0.03	69,496.50	3.13
Total	2,222,714.00	100.00	2,222,714.00	100.00	413,076.50	18.58	413,076.50	18.58

Tabla 2.- Pérdidas y ganancias de coberturas en el Estado de México / Fuente: Elaboración propia

El proceso de transformación demuestra el incremento de las áreas urbanas, que aumentaron del 3.54% del territorio en 2001 al 6.64% en 2014. Aunque este crecimiento parece gradual, refleja una tendencia sostenida hacia la expansión urbana, implicando una modificación significativa en el uso del suelo (Camacho, 2015; Gordillo & Castillo, 2016; Pineda et al., 2009; Velázquez et al., 2002).

Este aumento en la superficie urbana se ha derivado, en gran medida, de la conversión de áreas rurales y boscosas en terrenos dedicados a la urbanización, lo que señala un cambio estructural en la distribución del territorio. Dicho proceso no solo representa un indicador del crecimiento poblacional y económico, sino que también evidencia los retos ambientales y de sostenibilidad que enfrenta el Estado de México.

Tabla 3.- Intercambio, cambio total y neto de coberturas en el Estado de México

	Total 2014	%	Total 2001	%	Intercambio	%	Cambio Total	%	Cambio Neto	%
Agricultura	982,295.50	44.19	980,936.25	44.13	256,927.50	11.56	258,286.75	11.62	1,359.25	0.06
Bosque de coníferas	362,717.50	16.32	359,034.50	16.15	96,135.50	4.33	99,818.50	4.49	3,683.00	0.17
Bosque mesófilo	11,819.25	0.53	12,106.75	0.54	4,605.00	0.21	4,892.50	0.22	287.50	0.01
Bosque mixto	256,666.50	11.55	261,546.25	11.77	98,325.00	4.42	103,204.75	4.64	4,879.75	0.22
Cuerpos de agua	19,157.50	0.86	17,491.50	0.79	4,844.50	0.22	6,510.50	0.29	1,666.00	0.07
Desprovisto de vegetación	11,018.00	0.50	10,413.00	0.47	965.00	0.04	1,570.00	0.07	605.00	0.03
Matorral	16,900.00	0.76	18,319.75	0.82	7,143.50	0.32	8,563.25	0.39	1,419.75	0.06
Pastizal	292,033.25	13.14	371,418.50	16.71	127,157.00	5.72	206,542.25	9.29	79,385.25	3.57
Selva baja caducifolia	120,597.00	5.43	109,126.50	4.91	51,500.00	2.32	62,970.50	2.83	11,470.50	0.52
Tular	1,625.00	0.07	845.25	0.04	426.00	0.02	1,205.75	0.05	779.75	0.04
Vegetación halófila										
hidrófila	273.75	0.01	2,693.25	0.12	4.00	0.00	2,423.50	0.11	2,419.50	0.11
Zona Urbana	147,610.75	6.64	78,782.50	3.54	1,336.50	0.06	70,164.75	3.16	68,828.25	3.10
Total	2,222,714.00	100.00	2,222,714.00	100.00	324,684.75	14.61	413,076.50	18.58	88,391.75	3.98

Fuente: Elaboración propia

El mayor crecimiento se observa en las zonas urbanas, con un aumento neto del 3.1% del territorio estatal. Aunque este cambio no parece drástico, representa una tendencia clara impulsada por la proximidad a la capital y el crecimiento urbano en el Estado de México. Esta transformación refleja una dinámica en el uso del suelo: las coberturas vegetales se convierten en áreas agrícolas, que eventualmente se degradan en pastizales y finalmente se urbanizan. Estos datos permiten identificar patrones de cambio y evaluar la magnitud del impacto ambiental asociado a estas transiciones (Camacho, 2015; Hernández, 2022).

Conclusiones

Los resultados de este estudio evidencian los cambios en el uso del suelo ocurridos entre 2001 y 2014. Aunque no se identificaron transformaciones extremas en el territorio, se observan tendencias claras de modificación en la cobertura del suelo.

Un hallazgo relevante es la significativa pérdida de pastizales, cuya superficie disminuyó del 16.71% al 13.14%, equivalente a aproximadamente 79,385 hectáreas. Por otro lado, las áreas urbanas experimentaron un aumento del 3.54% al 6.64% del territorio, representando un crecimiento de cerca de 68,828 hectáreas. Este incremento refleja la constante expansión urbana impulsada por la creciente demanda de espacio para desarrollo habitacional y económico.

El crecimiento de la población ha generado una progresiva demanda de tierra, agravada por la falta de regulación efectiva, como zonificaciones, planes de desarrollo y control de la propiedad. Esta situación ha resultado en un manejo inadecuado de los recursos forestales y el uso insostenible del suelo.

La principal causa de los cambios observados es la intervención antrópica, que ha provocado una disminución de las coberturas vegetales, transformadas gradualmente en zonas urbanas. Aunque las pérdidas de vegetación y las ganancias urbanas no siempre son evidentes en periodos cortos, su impacto acumulativo se hace más notable y significativo a lo largo de las décadas.

Bibliografía

Bocco, G., Mendoza, M., & Masera, O. R. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 44, 18–38. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112001000100003

Camacho Sanabria, J.M. (2015). Modeling of land use/cover changes: Prospective scenarios in the Estado de Mexico. Case study - Amanalco de Becerra. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 21(2), 203-220, ISSN 2007-3828, <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.10.049>

CONAFOR. (2023). Enfoques para el monitoreo de la cobertura forestal en México. Comisión Nacional Forestal. <https://www.gob.mx/conafor/articulos/enfoques-para-el-monitoreo-de-la-cobertura-forestal-en-mexico>

FAO PNUMA. (2020, mayo 22). El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) o para el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). <https://doi.org/10.4060/ca8642es>

Gordillo Ruiz, M. C., & Castillo Santiago, M. A. (2016). Cambio de uso del suelo en la cuenca del río Sabinal, Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 39. <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.803>

Hernández Pérez, E. (2022). Land-use change and landscape fragmentation in central Veracruz, Mexico (1989–2015). *Madera y Bosques*, 28(1), ISSN 1405-0471, <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2812294>

INEGI. (2023). Diccionario de datos de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463908364>

Miranda, F., & Hernández X, E. (1963). Los tipos de Vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Méx. <https://doi.org/https://doi.org/10.17129/botsci.1084>

ONU. (2022). Objetivos de desarrollo sostenible. Organización de la Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>

Pineda Jaimes, N. B., Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M., & Plata Rocha, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas, 69, 33–52. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56912295004>

Pontius, R., & Petrova, S. (2010). Assessing a predictive model of land change using uncertain data. Environmental Modelling & Software, 25, 299–309. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.09.005>

Pontius, R. G., Shusas, E., & McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. Agriculture, Ecosystems and Environment, 101(2–3), 251–268. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>

Velázquez, A., Mas, J. F., Díaz Gallegos, J. R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, P. C., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E., & Palacio, Y. J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906202.pdf>