



TERRA LATINOAMERICANA

Cambio de Uso de Suelo y Comparativa Edáfica entre 1983 y 2023 del Municipio de Jiutepec, Morelos, México Land Use Change and Soil Comparison between 1983 and 2023 in the Municipality of Jiutepec, Morelos, Mexico

María Eugenia Bahena-Galindo¹ , Sarahi Yamilet Hurtado-Rodríguez² ,
Yakin Acosta-García¹ , Alejandro García-Flores^{1‡} , Eunice Madai Díaz-González² ,
Denisse Acosta-Peñaiza² y Ramón Carlos Bustamante-Ramírez³

¹ Centro de Investigaciones Biológicas; (M.E.B.G.), (A.G.F.), (Y.A.G.). ² Facultad de Ciencias Biológicas; (S.Y.H.R.), (E.M.D.G.), (D.A.P.). Avenida Universidad 1001. Colonia Chamilpa. 62210 Cuernavaca, Morelos, México.

[‡] Autor para correspondencia: alejandro.garcia@uaem.mx

³ Escuela Preparatoria Número Dos Cuernavaca, calle Otilio Montaño s/n. Colonia Alta Vista. 62130 Cuernavaca, Morelos, México; (R.C.B.R.).

RESUMEN

Las modificaciones del uso del suelo y de la vegetación derivadas de las actividades humanas se manifiestan tanto a escala local como global, las principales consecuencias son la pérdida de la biodiversidad y la reducción de la calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos, en este sentido las actividades antrópicas como la agricultura ocasionan impactos negativos hacia los ecosistemas y sus componentes, dentro de los cuales el recurso suelo es uno de los mayormente afectados, por lo tanto el estudiar la dinámica de sus modificaciones es una herramienta en la gestión territorial que identifica áreas específicas para desarrollar estrategias de conservación y restauración. El objetivo de este estudio fue evaluar la dinámica de cambio de uso de suelo y vegetación en 27 años, así como variaciones de las propiedades edáficas en un periodo de 40 años en el municipio de Jiutepec Morelos, México. Se emplearon Sistemas de Información Geográfica para la elaboración de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación de los años 1995 y 2022, se generó una matriz simplificada de cambio, así como las tasas de cambio y de deforestación. Se obtuvieron un total de 16 categorías para el año 1995 y 17 para el año 2022, los cambios más relevantes en Jiutepec son el incremento de la zona urbana por el orden de las 1136.27 ha, por parte de la tasa de deforestación la selva baja caducifolia conservada y perturbada fueron las categorías con mayor perdida, en la determinación de las propiedades edáficas algunas propiedades se mantienen en el presente (2023) dentro de los rangos reportados en el pasado (1983).



Cita recomendada:

Bahena-Galindo, M. E., Hurtado-Rodríguez, S. Y., Acosta-García, Y., García-Flores, A., Díaz-González, E. M., Acosta-Peñaiza, D., & Bustamante-Ramírez, R. C. (2026). Cambio de Uso de Suelo y Comparativa Edáfica entre 1983 y 2023 del Municipio de Jiutepec, Morelos, México. *Terra Latinoamericana*, 44, 1-14. e2313. <https://doi.org/10.28940/terralatinoamericana.v44i.2313>

Recibido: 2 de junio de 2025.

Aceptado: 5 de octubre de 2025.

Artículo. Volumen 44.

Enero de 2026.

Editor de Sección:
Dr. Porfirio Juarez Lopez

Editor Técnico:
Dr. David Cristóbal Acevedo

Palabras clave: calidad del suelo, cobertura vegetal, deforestación, zona urbana.

SUMMARY

The modifications in land use and vegetation resulting from human activities are evident at both local and global scales. The primary consequences include biodiversity loss and a decline in the quality and quantity of ecosystem services. In this context, anthropogenic activities such as agriculture negatively impact ecosystems and their components, with soil being one of the most affected resources. Therefore, a detailed study of the dynamics of these modifications constitutes a valuable tool for land management, enabling the identification of specific areas where conservation and restoration strategies can be developed. The objective of this study was to assess land use and vegetation change dynamics over a 27-year period, as well as variations in soil properties over a 40-year period in the municipality of Jiutepec, Morelos. Geographic Information Systems were used to generate vector data on land use and



Copyright: © 2026 by the authors.

Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

vegetation for the years 1995 and 2022. A simplified change matrix was constructed, and the change rate and deforestation rate were calculated. A total of 16 land use categories were identified for 1995 and 17 for 2022. The most significant changes in Jiutepec included an increase in urban areas of approximately 1136.27 ha. Regarding the deforestation rate, the most affected categories were conserved and disturbed tropical dry forest. In the determination of soil properties, some properties currently evaluated (2023) remain within the ranges reported in the past (1983).

Index words: *soil quality, vegetation cover, deforestation, urban area.*

INTRODUCCIÓN

El cambio en el uso del suelo derivado de las actividades antrópicas es un proceso dominante que impacta negativamente en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, un caso común de esto es la deforestación de bosques tropicales para ampliar la frontera agropecuaria (Olagunju, 2015). Acorde con la SEMARNAT (2010), este proceso implica la modificación de la cubierta vegetal original, causando pérdida de hábitat, biodiversidad, servicios ambientales y capacidad productiva de los ecosistemas. En México, todas las comunidades vegetales han experimentado cambios significativos debido a la expansión de los usos de suelo agrícola, urbano y extracción de recursos minerales, ejemplo de ello entre 1993 y 2000, la vegetación primaria y secundaria se redujo a una tasa anual de más de un millón de hectáreas (SEMARNAT, 2002), autores como Jiménez-Sánchez, González, Rosas y Calderón (2021), mencionan que la expansión de los asentamientos humanos ejerce presión directa sobre los ecosistemas y agroecosistemas, reduciendo el área natural disponible e incrementando la densidad de población, aumentando la demanda de agua y energía. En este sentido, para la medición de dichos cambios se han desarrollado metodologías que emplean los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y que en virtud de la escala la precisión puede variar.

Los estudios sobre la dinámica de cambio de los componentes territoriales a nivel nacional, estatal y municipal son herramientas fundamentales para la ordenación del territorio, siempre y cuando el modelo de ordenamiento sea aplicado de manera efectiva bajo un enfoque de manejo sustentable de los recursos naturales (Romero-Padilla y Hernández, 2023; Villegas y Gómez, 2020; y Paruelo, 2016), por lo tanto, estos estudios coadyuvan a incrementar la calidad de vida de los habitantes de los territorios e identificar aquellas áreas que proveen mayores cantidades de servicios ecosistémicos. En el caso específico del municipio de Jiutepec existen Áreas Naturales Protegidas (ANP) total o parcialmente que cumplen dicha función. En este contexto, es crucial alinear las estrategias municipales de desarrollo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) específicamente con los números 10, 11, 13 y 15, para generar medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales, ya que de acuerdo con Flores (2023), hasta junio de 2023, más del 70% de las entidades federativas en sus zonas urbanas se reportaron temperaturas ambientales entre 40 y 45 grados centígrados, complementariamente los datos del Monitor de Sequía de la CONAGUA y SMN (2015) muestran a nivel nacional un incremento dramático en el número de municipios que reportaron sequía severa, extrema o excepcional, ya que pasó de cinco 2015 a 923 en 2024, dentro de los cuales el municipio de Jiutepec no fue una excepción presentando una sequía severa, por lo tanto, las áreas urbanas se convierten en los sitios de mayor vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático lo cual se agrava derivada de una nula adopción de medidas de mitigación en los sectores sociales menos favorecidos, dicho de otro modo, las problemáticas ambientales son en consecuencia generadoras directamente de desigualdades sociales CONAGUA y SMN (2024).

Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la dinámica de cambio de uso de suelo y vegetación en el municipio de Jiutepec, Morelos, durante un período de 27 años, así como analizar las variaciones en las propiedades edáficas en un lapso de 40 años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El municipio de Jiutepec (Figura 1), de acuerdo con el marco geoestadístico nacional (INEGI, 2021, 2022a), se localiza al norte del estado de Morelos, sus municipios colindantes son: al norte Tepoztlán, al oeste Cuernavaca, al sur Emiliano Zapata y al este Yautepec. Concentra una población de 215 357 habitantes (INEGI, 2020), con un crecimiento quinquenal de población del 5% (CEIEG, 2015). Se localiza dentro de la región hidrológica (RH18) en la cuenca del Río Amacuzac, en las sub-cuenca de los ríos Apatlaco y Yautepec (CONABIO, 2024). Respecto a la protección de ecosistemas el municipio posee dos Áreas Naturales Protegidas (ANP), al norte el "Parque

Ecológico El Texcal" (258.93 ha) y al sureste la "Reserva Estatal Sierra Monte Negro" la cual cubre el 5.28% (408 ha) de un total de 7 mil 724.85 (Secretaría de Desarrollo Sustentable, 2023), sumado a lo anterior, es importante indicar que el 100% del límite municipal norte se posiciona en la proximidad del ANP Federal Parque Nacional El Tepozteco (CONANP, 2023; SEMARNAT, 2011).

Cartografía de Apoyo

Para la generación de los datos vectoriales del uso de suelo y vegetación, se utilizó cartografía de apoyo o referencia, empleando las siguientes capas: Edafología (INEGI, 2007a); Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII (INEGI, 2018); el límite municipal se definió de acuerdo con los datos vectoriales del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2021, 2022a) debido a que se encontraron discrepancias en diversas fuentes relacionadas con la superficie total municipal; por último, el Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) (INEGI, 2013) indica la variación de altitud de la superficie, particularmente para la sección del estado de Morelos, el uso de este insumo fue para determinar la existencia de diferencias en los tipos de vegetación en función de la altitud.

Digitalización de Imágenes satelitales y Ortofotos

Para este estudio, se generaron dos capas de Uso de Suelo y Vegetación. La primera capa corresponde al año 1995, en la cual se emplearon ortoimágenes a escala 1: 20 000 con resolución de 2 metros (INEGI, 1995), que, en el caso específico del estado de Morelos, estas imágenes aéreas son la primera edición registrada por el INEGI con una elevada calidad, lo que permite crear información vectorial (shape poligonal) de alta confiabilidad;

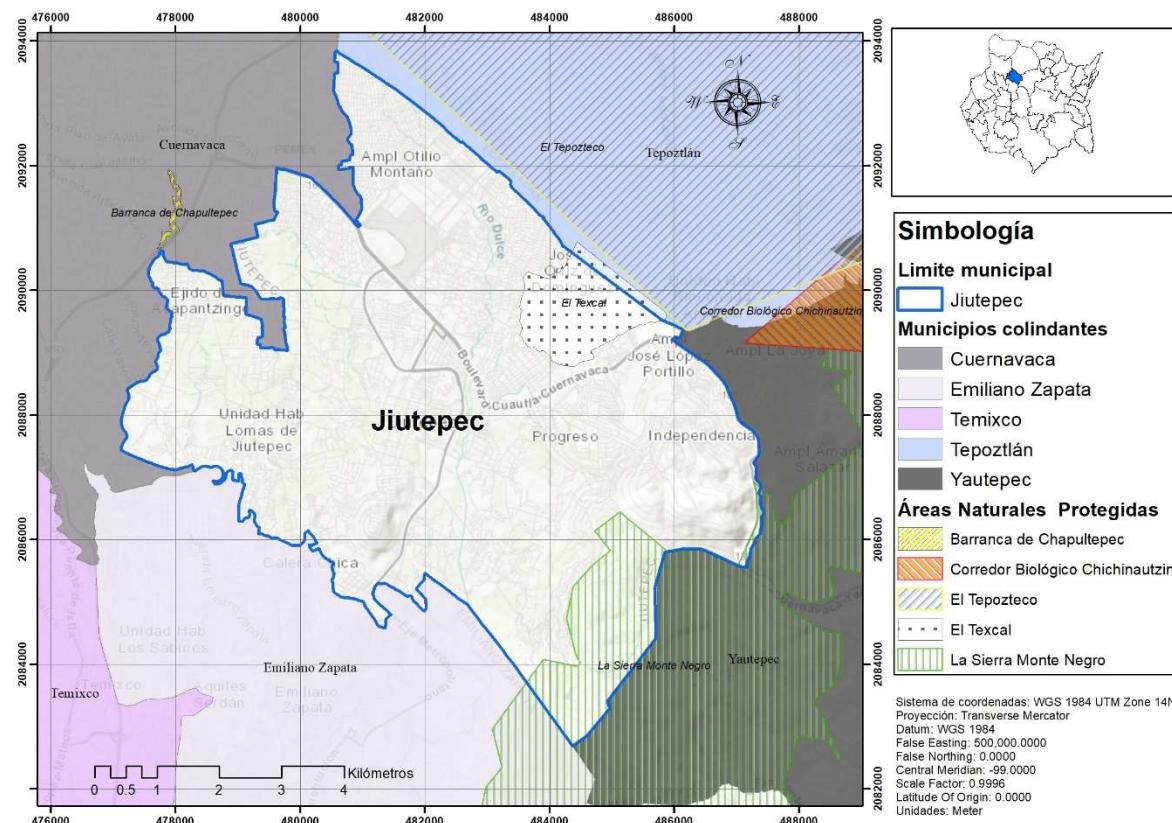


Figura 1. Área de estudio del municipio de Jiutepec, Morelos. Elaboración propia con datos vectoriales del marco geostadístico nacional del INEGI, 2021; Información Espacial de las Áreas Naturales Protegidas de la (CONANP, 2023) y los datos de Áreas Naturales Protegidas de competencia estatal de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, 2023.

Figure 1. Study area of the municipality of Jiutepec, Morelos. Own elaboration based on vector data from the National Geostatistical Framework of INEGI, 2021; Spatial Information of Natural Protected Areas from CONANP (2023), and data on state-level Natural Protected Areas from the Secretariat of Sustainable Development, 2023.

Para la segunda capa, correspondiente a la digitalización del año 2022, se emplearon imágenes satelitales de alta resolución disponibles a través de la plataforma Google Maps, utilizadas como apoyo cartográfico para la delimitación espacial. Google (2022).

En ambos casos las imágenes se superpusieron con la información del apartado anterior (Cartografía de apoyo) para precisar las categorías actuales en el territorio municipal.

Durante todos los procesos, se utilizó el software ArcGIS 10.5. (ESRI, 2016) Para la digitalización de ambas capas y la obtención de detalles de mayor precisión la escala de trabajo fue 1:2 500 siguiendo la metodología de Priego, Bocco, Mendoza y Garrido (2010) y Tinajero, Lozada, Zabala y Jiménez (2019). Además, se llevó a cabo un análisis topológico con el objetivo de detectar y eliminar errores en la elaboración de las entidades elaboradas.

Delimitación de las Formaciones y Categorías de Uso de Suelo y Vegetación

Para la designación de la formación de las categorías se emplearon como criterios las siguientes definiciones:

El agroecosistema de acuerdo con Platas-Rosado, Vilaboa y William (2016), es una abstracción de la realidad para su análisis, relacionado con el proceso de producción primaria, mediante el cual el ser humano se apropiá de la naturaleza y modifica de acuerdo a sus intereses, y tiene un contexto temporal y espacial específico; Antropización es definido por Álvarez, Ornelas y Wegier (2019) como un término que ha estado en uso durante mucho tiempo, pero que recientemente empieza a escucharse cada vez más ante una necesidad de reconocer lo evidente, que es la transformación del medio natural por acción del hombre, pero que ya no posee la capacidad de producción primaria; Armenteras et al., (2016) define el concepto de ecosistema como una de las unidades básicas de la naturaleza, su uso no se ha restringido a espacios académicos, científicos o de tomadores de decisiones en el sector ambiental, sino que ha logrado permear la sociedad y el público en general, es relevante entender cómo funcionan los seres vivos y las relaciones con su entorno.

Evaluación de Cambio de Uso de Suelo y Vegetación

En la evaluación de las modificaciones ocurridas en un período de 27 años, se emplearon las capas digitalizadas de uso de suelo y vegetación, las cuales permitieron un análisis general de los cambios entre 1995 y 2022. Para elaborar la matriz simplificada de cambio de uso de suelo y vegetación, fue necesario establecer reglas para tomar decisiones lógicas, asignar valores a cada categoría y realizar un cruce de capas para obtener los cambios de manera individual, siguiendo la metodología propuesta por Pineda (2011¹).

Determinación de la Tasa de Cambio y de Deforestación (q y r)

La determinación de la tasa de deforestación, se emplearon dos ecuaciones; la primera denominada Tasa de cambio "q" FAO (2015), y la segunda conocida como Deforestación total anual promedio para un período determinado "r" Puyravaud (2003); siendo estas las mayormente empleadas para el cálculo de este parámetro.

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(t_2-t_1)} - 1 \quad (1)$$

Donde: q = Tasa de cambio, A₁ = Superficie en la fecha 1, A₂ = Superficie en la fecha 2, t₂-t₁ = Número de años entre las dos fechas.

$$r = \frac{1}{t} \ln \frac{A}{A_0} \quad (2)$$

Donde: r = Deforestación total anual promedio para un período determinado, A = Área de bosque inicial (ha), A₀ = Área de bosque final (ha), ln = logaritmo natural, t = Número de años entre las dos fechas.

¹ Pineda-Pastrana, O. (2011). *Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el municipio de Valle de Santiago*. Tesis para obtener el grado de Licenciatura. Centro de Investigación en Geografía y Geomática Ing. Jorge L. Tamayo, A. C. D.F., México. Disponible <https://centrogeo.repositoryinstitucional.mx/jspui/handle/1012/41>

Comparativa de las Propiedades de los Suelos Agrícolas de Jiutepec Morelos

El primer paso incluyó recabar la información edafológica de mayor antigüedad publica por el INEGI (1983a), en este sentido fue necesario utilizar la carta edafológica Cuernavaca E14A59 escala 1:50 000, de esta se obtuvieron los datos de las propiedades físicas y químicas, así como para seleccionar los sitios de muestreo (perfles o pozos) en áreas que correspondiera a la misma unidad de suelo y mantuvieran la actividad productiva primaria. Posteriormente se realizó un recorrido de campo en los sitios seleccionados para recolectar muestras de suelo a profundidades de 0 a 20 cm y 20 a 40 cm, para finalmente procesar las muestras en el Laboratorio de Edafoclimatología de Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEM para determinar las propiedades físicas (densidad aparente, densidad real, porcentaje de porosidad, color y textura) y químicas (pH, materia orgánica, carbono, nitrógeno, calcio, magnesio, fosforo) de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000 (NOM-021-SEMARNAT-2000, 2002) las cuales coinciden con los métodos empleados por el INEGI (1983b).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uso de Suelo y Vegetación (1995)

En relación con el uso de suelo y vegetación para el año 1995, el análisis permitió identificar un total de 16 categorías. La estructura del paisaje se caracterizó por una marcada dominancia de la zona urbana, la cual abarcó el 42.22% de la superficie municipal, configurándola como el elemento paisajístico principal. Le siguieron en importancia la agricultura de riego (17.34%) y la selva baja caducifolia perturbada (12.90%), mientras que el pastizal inducido (7.63%) y la vegetación secundaria herbácea y arbustiva (5.99%) completan las cinco categorías de mayor representatividad, lo anterior evidencia un paisaje donde las actividades humanas (urbanas y agrícolas) constituyen la matriz dominante, relegando a los remanentes de vegetación natural a un papel secundario en términos de extensión superficial.

La disposición espacial de estas coberturas, ilustrada en la Figura 2, muestra que la zona urbana exhibió una dispersión predominante hacia el sur, colindando con el municipio de Emiliano Zapata, así como hacia el norte y el oeste, limitando con Tepoztlán y Cuernavaca. La agricultura de riego se localizó en tres núcleos principales: dos al oeste, en el Ejido de Acapantzingo y Ejido Tejalpa específicamente en la Colonia Constitución, y otro en la porción centro-sur sobre las colonias Valle Verde y Ampliación las Fuentes, indicando una dependencia de la disponibilidad de agua para riego y de la tenencia de la tierra. Por otro lado, los parches de selva baja caducifolia, tanto en estado conservado como perturbado, se confinaron casi exclusivamente dentro de los límites de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), como el Parque Estatal El Texcal (noreste) y la Reserva Estatal Sierra de Montenegro (sureste), lo que indica que el estatus de protección de estas áreas ha sido fundamental para la conservación de los remanentes de vegetación primaria, actuando como barrera frente al avance de la frontera urbana y agrícola. En contraste, el pastizal inducido mostró una distribución amplia y dispersa por todo el municipio, lo que es frecuentemente asociado con actividades ganaderas extensivas o etapas de degradación y abandono de terrenos.

Finalmente, las restantes siete categorías de menor extensión (≤ 60 ha), que incluyó a la vegetación secundaria, la agricultura de temporal, bosques de galería perturbados, viveros, vegetación riparia, infraestructura mixta y sitios de extracción de materiales pétreos, presentaban una distribución amplia y fragmentada, lo que refleja una intensa fragmentación del paisaje natural, resultante de la intervención humana constante y diversificada, que genera una matriz compleja donde se intercalan elementos productivos, de infraestructura y remanentes de vegetación en distintos estados sucesionales.

Uso de Suelo y Vegetación Actual (2022)

El análisis de las coberturas de uso del suelo y vegetación para el año 2022 identificó un total de 17 categorías (Figura 3), revelando una complejidad paisajística ligeramente superior a la documentada en el estudio base de 1995, con la emergencia de una nueva categoría (sitio de disposición de residuos sólidos).

La estructura del paisaje en 2022 es prácticamente dominada por la zona urbana, la cual abarca 3478.29 ha, representando el 61.99% de la superficie municipal, en donde su núcleo principal se localiza en el sector norte, en un proceso de conurbación con los municipios de Cuernavaca y Tepoztlán, consolidando una matriz urbana expansiva y continua.

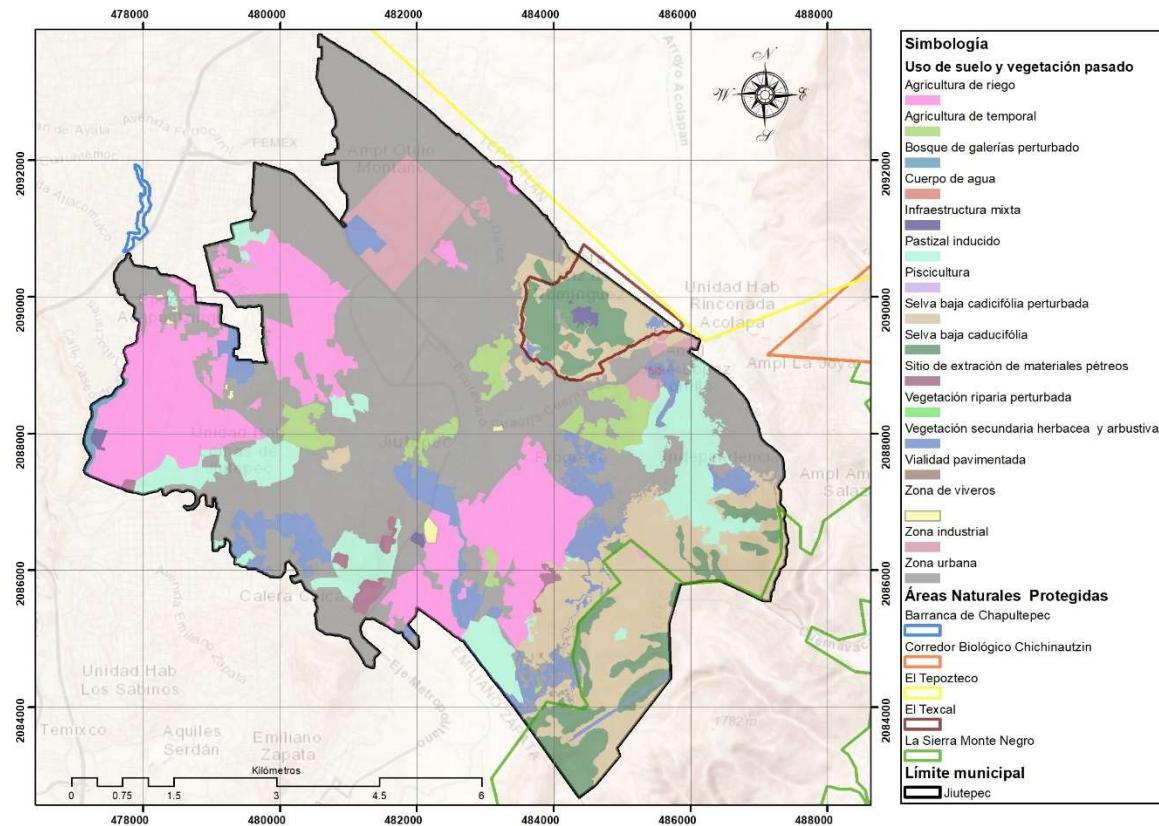


Figura 2. Mapa de uso de suelo y vegetación del municipio de Jiutepec, Morelos (1995). Fuente: Elaboración propia con base en interpretación visual de ortoimágenes del INEGI (1995).

Figure 2. Land use and vegetation map of the municipality of Jiutepec, Morelos (1995). Source: Own elaboration based on visual interpretation of INEGI orthophotos (1995).

Los remanentes de vegetación natural se presentan como entidades fragmentadas en dos estados de conservación, la Selva Baja Caducifolia Perturbada (SBCP), que cubre 674.45 ha (12.06%), se distribuye principalmente en los límites este y sur del municipio (colindando con Yautepec, Emiliano Zapata y Tlaltizapán), reflejando una pérdida de la estructura y composición originales del ecosistema (Trejo y Dirzo, 2000), en contraste, los parches de Selva Baja Caducifolia (SBC) en estado de conservación, que de acuerdo con Dirzo (1992) y Trejo y Hernández (1996) albergan una alta diversidad florística característica de estas asociaciones arbóreas, ocupan apenas 277.45 ha (4.96%), en cuanto a la distribución se restringe a las zonas norte y sur, adyacente a Tepoztlán, Yautepec, Emiliano Zapata y Tlaltizapán, confirmando que su persistencia está vinculada a la existencia de ANP y la proximidad con otros municipios que potencialmente actúan como amortiguadores de hábitats.

La vegetación secundaria herbácea y arbustiva, resultante del abandono post-agrícola Sosa-Rubio, Sansores, Zapata y Ortega (2000), ocupa 395.04 ha (7.06%) y se concentra al noreste, evidenciando la dinámica histórica de uso del suelo y los procesos de sucesión secundaria en curso. Las actividades productivas como la agricultura de riego (256.15 ha, 4.58%), muestra una clara especialización espacial dedicada predominantemente al cultivo de maíz (*Zea mays L.*) (SIAP, 2024), se concentra en el noroeste. En el caso de la zona industrial (190.96 ha, 3.41%) se ubica de forma contigua al norte, colindando con Cuernavaca, denotando un corredor de actividades económicas intensivas. La zona de viveros (116.77 ha, 2.08%) presenta una distribución dispersa con mayor densidad al sureste, y el pastizal inducido (82.11 ha, 1.46%) se localiza principalmente al sur.

Un conjunto de nueve categorías adicionales, cada una con superficies menores o iguales a 43 ha, completa la composición del paisaje. Esta agrupación, que incluye desde infraestructura mixta y extracción de materiales pétreos hasta vegetación riparia perturbada y cuerpos de agua, presenta una distribución amplia y altamente fragmentada. El surgimiento de la categoría "sitio de disposición de residuos sólidos" dentro de este grupo es particularmente importante, ya que materializa en el territorio la presencia espacios requeridos para manejar los flujos de residuos que genera una población en crecimiento, sin embargo, en este caso el sitio identificado se constituye de modo irregular.

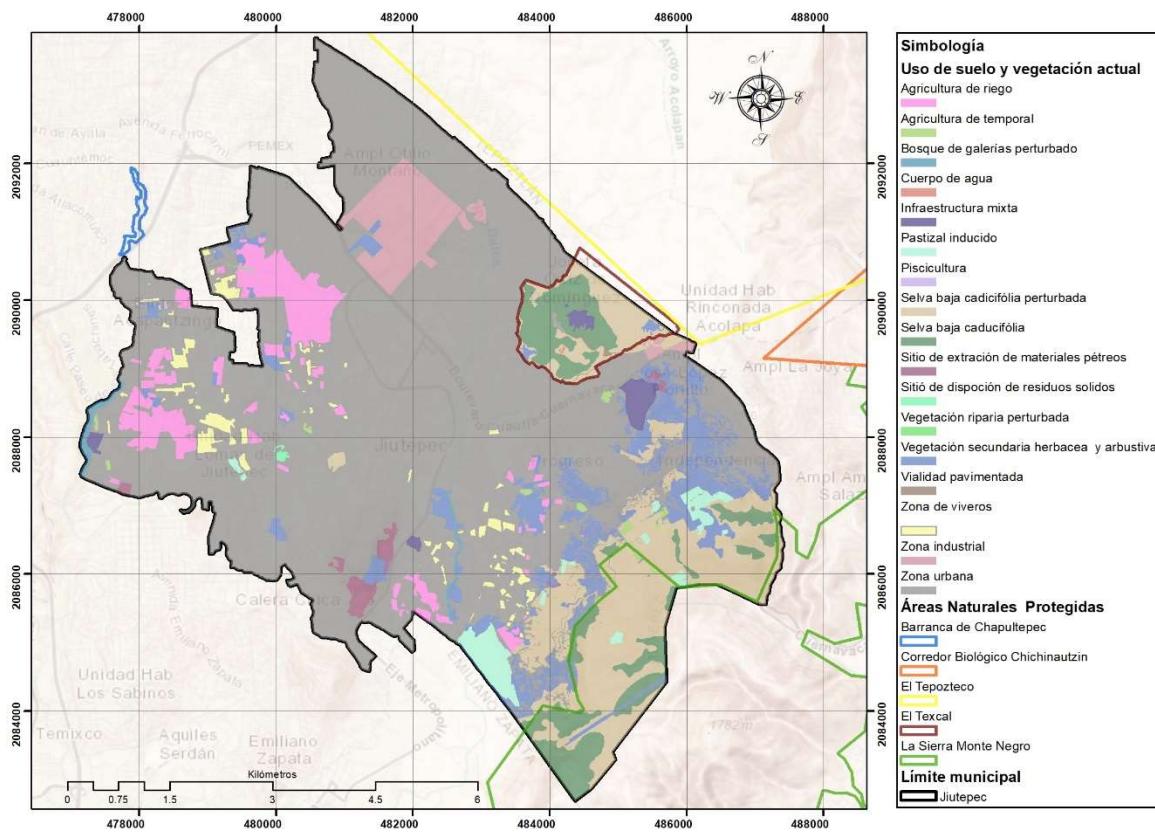


Figura 3. Mapa de uso de suelo y vegetación del municipio de Jiutepec, Morelos (2022). Fuente: Elaboración propia con base en percepción remota de imágenes satelitales del servidor Google Maps (2022).

Figure 3. Land use and vegetation map of the municipality of Jiutepec, Morelos (2022). Source: Own elaboration based on remote sensing of satellite images from the Google Maps server (2022).

Tasas de Cambio

El Cuadro 1 muestra los resultados de las formaciones a partir de los criterios propuestos por Platas-Rosado et al. (2016), Armenteras et al., (2016), y Álvarez et al., (2019) estableciéndose tres de estas, agroecosistemas, suelo antropizado y ecosistemas, integradas por las categorías correspondientes y sus respectivas superficies de los años 1995 y 2022, así como la tasa de cambio total y las tasas q y r .

Agroecosistemas

En la categoría de agricultura de riego, se observó una drástica reducción de 712 ha, mientras que la agricultura de temporal disminuyó 136 ha, estos resultados concuerdan con los hallazgos de Olivera y Zavaleta (2020), quienes indican que, desde 1960, la urbanización y los nuevos asentamientos han desplazado las zonas agrícolas, siendo el ejido Tejalpa el más afectado al perder la mitad de su superficie. Asimismo, se registró un incremento en la superficie destinada a viveros en el orden de las 102.14 ha, contrastando con los datos del SIAP a nivel municipal, los cuales oscilaron entre 5 y 10 Ha en el periodo 2009-2024, dicha discrepancia se asocia posiblemente las metodología empleadas, de modo que el SIAP recaba información a nivel nacional, no permitiendo un alto detalle, sin embargo, los resultados de esta categoría mantienen la tendencia documentada a nivel estatal y nacional, en donde los Censos Agropecuarios Estatales del INEGI (2007b, 2022b) reportan que la superficie de agricultura protegida pasó de 512.4 a 794 ha, confirmado también por Hernández-Suárez (2021) que a nivel nacional señala un aumento de 42 515 ha en catorce años. Por parte de la piscicultura, a pesar de ser la categoría con la menor extensión de esta formación, incremento 0.5 ha, mostrando predisposición a lo reportado por Martínez y Marañón (2004) los cuales mencionan que el número de estanques para piscicultura en el estado de Morelos paso de 1086 en 1997 a 1915 en 2002, como consecuencia de ser una actividad económicamente rentable, debido a la cercanía con la Ciudad de México, considerada el mayor consumidor de peces del país.

Cuadro 1. Categorías y variables de superficie, tasa de cambio y de deforestación de los ecosistemas del municipio de Jiutepec.
Table 1. Categories and variables of area, rate of change, and deforestation rate of ecosystems in the municipality of Jiutepec.

| Formación | Categoría | Superficie 1995 | Superficie 2022 | Tasa de cambio total | (q) | (r) |
|----------------------|--|--------------------|--------------------|-------------------------|-------|--------|
| ----- ha ----- | | | | | | |
| Agroecosistemas | Agricultura de riego | 969.13 | 256.15 | -712.11 | -0.05 | -0.049 |
| | Agricultura de temporal | 152.36 | 16.23 | -136.13 | -0.08 | -0.083 |
| | Pastizal inducido | 426.52 | 82.12 | -344.40 | -0.06 | -0.061 |
| | Piscicultura | 0.19 | 0.75 | 0.56 | 0.05 | 0.051 |
| | Zona de viveros | 14.63 | 116.77 | 102.14 | 0.08 | 0.077 |
| | Zona urbana | 2342.02 | 3478.29 | 1136.27 | 0.01 | 0.014 |
| Suelo antropizado | Zona industrial | 209.87 | 190.96 | 18.91 | 0.00 | -0.003 |
| | Vialidad pavimentada | 3.71 | 7.52 | 3.81 | 0.03 | 0.026 |
| | Sitio de extracción de materiales pétreos | 38.84 | 38.62 | -0.22 | 0.00 | 0.000 |
| | Sitio de disposición de residuos sólidos | 0.00 | 2.89 | 2.89 | 0.00 | 0.000 |
| | Infraestructura mixta | 17.11 | 42.94 | 25.83 | 0.03 | 0.034 |
| | Bosque de galerías perturbado | 20.84 | 20.71 | -0.13 | 0.00 | 0.000 |
| Ecosistemas | Cuerpo de agua | 0.47 | 0.47 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| | Selva baja caducifolia perturbada | 720.74 | 674.45 | -46.29 | -0.00 | -0.002 |
| | Selva baja caducifolia | 321.98 | 277.46 | -44.52 | -0.00 | -0.006 |
| | Vegetación riparia perturbada | 0.88 | 0.88 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| | Vegetación secundaria herbácea y arbustiva | 151.50 | 377.25 | -225.75 | -0.03 | -0.03 |

Fuente: Elaboración propia con datos superficiales de las categorías de los años 1995 y 2022.
Source: Own elaboration based on area data of category surfaces for the years 1995 and 2022.

Suelo Antropizado

La superficie de la zona urbana en el año 1995 cubría 2342.02 ha, y para el año 2022 cubrió 3 478.29 ha, incrementando un total de 1 136.27 ha, esto representa un crecimiento de 31.97% en los últimos 27 años, siendo este porcentaje más del doble a lo reportado por Alvarado-Rosas, Vieyra y Hernández (2008), los cuales señalan un aumento del 13.5% en el municipio de Jiutepec en el periodo de 1970-1980, dichos autores asocian la presencia de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC) como el principal catalizador del proceso de cambio de zonas agrícolas de alta productividad a zonas urbanas, lo anterior es consecuencia del crecimiento poblacional en el municipio que de acuerdo con los censos de población del INEGI de 1960 y de 2020 paso de 8448 a 215 357 habitantes en 60 años.

Aquellas categorías con modificaciones relativamente menores (≤ 20 ha) en comparación con las otras, corresponden a la zona industrial, la vialidad pavimentada, los sitios de extracción de materiales pétreos, los sitios de disposición de residuos sólidos e infraestructura mixta.

Ecosistemas

Los resultados vinculados a las categorías de selva baja caducifolia experimentaron una reducción, con pérdidas netas de 46.29 ha (selva perturbada) y 44.52 ha (selva conservada) con lo cual la tasa r oscilan entre 0.002 y 0.006, siendo este valor el primer registro sobre deforestación que evidencia esta reducción de los ecosistemas naturales para el municipio de Jiutepec, lo anterior mantiene la tendencia reportada por Escandón-Calderón, Ordóñez, Nieto y Ordóñez (2018), que aunque no empleó una metodología similar, demuestra una reducción de la selva baja caducifolia, además Hernández-Pérez, García, Vázquez y Cantellano (2022) indican que en el estado de Veracruz para el periodo de 1989 a 2015 se registra un porcentaje de cambio total de -0.73 de selva

baja caducifolia. En contraste, se observa un incremento total de 225.75 ha en la vegetación secundaria herbácea y arbustiva a una tasa anual de 0.08 para el municipio de Jiutepec, manteniendo la tendencia de aumento señalada por Rosete-Vergés *et al.* (2014) en el periodo de 1976-2007 a nivel nacional, que indica aumento en la superficie de esta categoría pasando de 323 627 km a 425 596 km; dentro de esta formación las categorías que no presentan cambio son la Vegetación riparia perturbada y el Bosque de galerías perturbado, sugiriendo que estos ecosistemas se mantienen en función de ser espacios con poca accesibilidad, asociados con los cuerpos de agua como barrancas y ríos.

Matriz de Cambio

En la matriz simplificada de cambio de uso de suelo y vegetación (Cuadro 2), se muestran las modificaciones puntuales de las superficies de los usos de suelo y vegetación en el área de estudio, los cambios con los valores mayores se asocian a la zona urbana, vegetación secundaria herbácea y arbustiva y a la zona de viveros, descritas a continuación:

El cambio de mayor relevancia es el asociado con el crecimiento que obtuvo a lo largo de 27 años la zona urbana, el cual es igual a las 1136.27 ha, las cuales derivaron de la trasformación de 554.66 ha de agricultura de riego, 176.84 ha de pastizal inducido, 125.27 ha de agricultura de temporal, 5.3 ha de zona de viveros, 190.13 ha vegetación secundaria herbácea y arbustiva, 76.5 ha de selva baja en su condición de natural y perturbada y 6.23 ha de un sitio de extracción de materiales pétreos.

Cuadro 2. Matriz simplificada de Cambio de Uso de Suelo y vegetación del periodo 1995-2022 del municipio de Jiutepec, Morelos.
Table 2. Simplified land use and vegetation change matrix for the period 1995-2022 in the municipality of Jiutepec, Morelos.

| 2022/ 1995 | AR | AT | P | PI | ZV | ZU | ZI | VP | SEMP | SDRS | IM | BGP | CA | SBCP | SBC | VRP | VSHA |
|---------------|-------|-----|------|-----|------|--------|-------|-----|------|------|------|------|-----|-------|-------|-----|-------|
| AR | 250.6 | 6.1 | 0.0 | 0.3 | 98.7 | 554.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 57.7 |
| AT | 1.0 | 3.3 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 125.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 36.5 |
| P | 4.4 | 0.8 | 71.7 | 0.2 | 4.5 | 176.8 | 0.0 | 0.0 | 9.2 | 2.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 131.5 |
| PI | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ZV | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.3 | 5.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ZU | NP | NP | NP | NP | NP | 2342.0 | 0.0 | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP |
| ZI | NP | NP | NP | NP | NP | 1.3 | 191.0 | NP | NP | NP | 15.8 | NP | NP | NP | NP | NP | NP |
| VP | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP | 4.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | NP | NP | NP | NP | NP | NP |
| SEMP | NP | NP | NP | NP | NP | 6.2 | 0.0 | NP | 26.2 | NP | NP | NP | 0.0 | NP | NP | NP | 0.0 |
| SDRS | NP | NP | NP | NP | NP | 0.0 | 0.0 | 0.0 | NP | 2.9 | 0.0 | NP | NP | NP | NP | NP | NP |
| IM | NP | NP | NP | NP | NP | 0.0 | 0.0 | 0.0 | NP | 0.0 | 17.1 | NP | NP | NP | NP | NP | NP |
| BGP | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| CA | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| SBCP | 0.0 | 5.8 | 34.9 | 0.0 | 0.0 | 71.7 | 0.0 | 3.1 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 607.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| SBC | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 39.6 | 276.8 | 0.0 | 0.0 |
| VRP | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 |
| VSHA | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 190.1 | 1.8 | 0.0 | 8.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 151.5 |

AR = agricultura de riego; AT = agricultura de temporal; P = pastizal inducido; PI = piscicultura; ZV = zona de viveros; ZU = zona urbana; ZI = zona industrial; VP = vialidad pavimentada; SEMP = sitio de extracción de materiales pétreos; SDRS = sitio de disposición de residuos sólidos; IM = infraestructura mixta; BGP = bosque de galerías perturbado; CA = cuerpo de agua; SBCP = selva baja caducifolia perturbada; SBC = selva baja caducifolia; VRP = vegetación riparia perturbada; VSHA = vegetación secundaria herbácea y arbustiva; NP = no probable.

AR = irrigated agriculture; AT = rainfed agriculture; P = induced pastureland; PI = aquaculture; ZV = nursery area; ZU = urban area; ZI = industrial area; VP = paved roadway; SEMP = site for extraction of stone materials; SDRS = solid waste disposal site; IM = mixed infrastructure; BGP = disturbed gallery forest; CA = water body; SBCP = disturbed tropical dry forest; SBC = tropical dry forest; VRP = disturbed riparian vegetation; VSHA = secondary herbaceous and shrub vegetation; NP = not probable.

En el caso de la vegetación secundaria herbácea y arbustiva esta incrementó un total de 225.75 ha, la categoría que sumaron en este cambio fueron el pastizal inducido con 131.54 ha, la agricultura de riego con 57.71 ha y la agricultura de temporal con 36.5 hectáreas.

La zona de viveros incremento su superficie en 106.23 ha, las categorías que precedieron en este proceso de transformación específico son la agricultura de riego con 98.73 ha, seguido del pastizal inducido con 4.45 ha y por último la agricultura de temporal con 3.05 ha.

Existieron cambios relativamente menores, los cuales no superaron las 40 ha, las categorías que los presentaron corresponden a la agricultura de temporal, el pastizal inducido, la zona industrial, la vialidad pavimentada, los sitios de extracción de materiales pétreos, el sitio de disposición de residuos sólidos y la infraestructura mixta.

Comparativa de las Características Edáficas Año 1983-2023

El cuadro comparativo (Cuadro 3) muestra los resultados de los parámetros físicos y químicos de los suelos agrícolas del municipio de Jiutepec a dos profundidades descritos a continuación:

En primera instancia acorde los datos del INEGI 1983b y 2007b la ubicación de los sitios muestreo se posiciona en dos grupos de suelo que corresponden a los Phaeozem y Vertisol. Para 1983, no se realizaron determinaciones de densidad ni porosidad en laboratorio, en cambio, para el año 2023, la densidad aparente del Phaeozem osciló entre 0.92 y 0.99 g cm⁻³, valor ligeramente inferior al reportado por Santiago-Mejía, Martínez, Rubio, Vaquera y Sánchez (2018) para este tipo de suelo a una profundidad de 0-30 cm (1.27 g cm⁻³), dichos autores señalan que esta propiedad tiende a incrementarse en presencia de pendientes pronunciadas, condición que contrasta con el área de estudio de esta investigación, donde la pendiente es inferior al 1.5%. Por otra parte, en el Vertisol, la densidad aparente se mantuvo estable en ambas profundidades (1.1 g cm⁻³), resultando consistente con lo documentado por Rodríguez-Reta, Luna, Aguirre, Bejar y Álvarez (2024), quienes reportan para Vertisoles de uso agrícola, a una profundidad de 0-20 cm, valores entre 0.90 y 1.2 g cm⁻³. La densidad real presentó un rango de 2.2 a 2.39 g cm⁻³ para ambos suelos, lo cual coincide con los intervalos (2-2.64 g cm⁻³) establecidos por Cruz-Roblero, Ramos y Palma (2024) para estos grupos edáficos. Finalmente, la porosidad fue mayor en el Vertisol en comparación con el Phaeozem, como consecuencia de los mayores contenidos de arcilla y materia orgánica. Este hallazgo es congruente con lo indicado por González-Barrios, González, Sánchez, López y Valenzuela (2011) y Simón, Peralta y Costa (2013), quienes señalan que la adición de materia orgánica y la predominancia de texturas arcillosas favorecen el desarrollo de una mayor cantidad de macro y microporos en la estructura del suelo.

En cuanto a la textura, el Vertisol presentó una misma clase textural (Arcilla) en ambas profundidades y fechas de muestreo, característica que define específicamente a este grupo edáfico de acuerdo con la FAO (2015) y Villagra-Mendoza, Brenes y Gómez (2022). En el caso del Phaeozem, las texturas correspondieron a franco arcilloso en el año 2023 y arcilloso en 1983, lo que evidencia una tendencia a un alto porcentaje de arcillas, acompañada de una variabilidad considerable en los contenidos de arena y limo. No obstante, ambas clases texturales son factibles en el grupo Phaeozem, según los datos publicados por Hernández-Pérez et al., (2022) y Vivanco et al. (2010). El primero de estos estudios señala que, a profundidades de 0-22 cm y 22-41 cm, la textura puede ser franca o franca limosa; mientras que el segundo reporta, en rangos de profundidad similares (0-15 cm y 15-35 cm), texturas clasificadas como arcillosas al superar consistentemente el 48% de arcilla. Estos hallazgos confirman la amplia variabilidad textural inherente a los Phaeozems.

Referente al color, el Phaeozem muestreado en 2023 presentó tonalidades pardo oscuro, tanto en condición seca como húmeda. En cuanto a los Vertisoles exhibieron colores que variaron de negro a gris oscuro con el incremento de la profundidad. Estos valores difieren de los reportados para las muestras de 1983, cuyas determinaciones de color, además, no coinciden con las claves de las tablas Munsell en sus ediciones de 1991 y 2009 (Munsell Color, 1991; 2009). Dicha discrepancia afectó un total de cuatro determinaciones de esta propiedad.

Báez-Pérez, Limón, González, Ramírez y Bautista (2017) señalan que los promedios de MO de cuatro sitios donde el suelo es vertisol rondan en 3.2 a 3.6 a una profundidad de 0 a 30 coincidiendo con los datos del año 1983 y 2023 en el presente estudio (3.2) a una profundidad de 0.20 cm para este grupo de suelo, lo anterior como señala dicho autor es atribuible a la adición de residuos agrícolas, cabe señalar que este valor actual es superior a lo reportado por Yáñez-Díaz, Cantú y González (2018) que indica como promedio el 2.3% de MO en un vertisol con uso agrícola, por parte de la MO a profundidad 20 a 40 la reducción drástica a 1.2% es resultado mayormente del sistema de laboreo agrícola en donde la MO al quedar enterrada entra en contacto con los microrganismos del suelo aumentado la tasa de mineralización. En el caso del Phaeozem, se observa una relación inversamente proporcional entre el contenido de MO y la profundidad para ambas temporalidades, lo cual es congruente con lo reportado por Vivanco et al. (2010). Conforme a lo establecido en la NOM-021-SEMARNAT-2000 (2002), los tipos de suelo, años y localidades de muestreo se clasifican con un porcentaje medio de MO, a excepción de la segunda profundidad del Vertisol para ambos años, la cual se categoriza como baja.

Cuadro 3. Comparativa de las propiedades edáficas 1983-2023, del municipio de Jiutepec.
Table 3. Comparison of soil properties from 1983 to 2023 in the municipality of Jiutepec.

| Suelo | Phaeozem | | | | Vertisol | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------------|------------------|------------------|---------------------------|----------|---------|---------|
| | Año | | 1983 | 2023 | 1983 | | 2023 | |
| Muestra/ Localidad | 24_83 Delicias | oct-23 Ejido Tejalpa | | 66_83 Ahuayucan | oct_23 Ejido Acapantzingo | | | |
| Profundidad cm | 0-24 | 24/40 | 0-20 | 20-40 | 0-20 | 20-125 | 0-20 | 20-40 |
| Densidad Aparente g cm ⁻³ | ND | ND | 0.99 | 0.92 | ND | ND | 1.1 | 1.1 |
| Densidad Real | ND | ND | 2.39 | 2.29 | ND | ND | 2.2 | 2.2 |
| Porosidad % | ND | ND | 41.4 | 40 | ND | ND | 50 | 49.7 |
| Arena % | 28 | 26 | 36 | 40 | 38 | 36 | 38 | 24 |
| Arcilla % | 42 | 44 | 38.8 | 38.8 | 42 | 48 | 44.4 | 54.4 |
| Limo % | 30 | 30 | 25.2 | 21.2 | 20 | 16 | 17.6 | 21.6 |
| Textura | Arcilla | Arcilla | Franco arcilloso | Franco arcilloso | Arcilla | Arcilla | Arcilla | Arcilla |
| Color en seco | 10YR5/3 | 7.5YR4.5/4 | 5YR 3/2 | 2.5YR 3/3 | 7.5YR4/1 | 5YR4.5/1 | 10YR4/1 | 10YR5/1 |
| Color en húmedo | 7.5YR2/3 | 7.5YR3/3.5 | 5YR 2.5/1 | 2.5YR 2.5/1 | 7.5YR 3/1 | 5YR3/1 | 10YR3/1 | 10YR3/1 |
| Materia Orgánica | 2.4 | 1.6 | 2.7 | 2.3 | 2.5 | 1.2 | 3.2 | 1.12 |
| pH H ₂ O | 6.1 | 6.4 | 5.99 | 5.96 | 7 | 7 | 6.38 | 6.57 |
| pH KCl | ND | ND | 5.85 | 5.84 | ND | ND | 5.63 | 5.95 |
| Calcio cmol(+) kg ⁻¹ | 8.7 | 11.2 | ND | ND | 20.6 | 20.6 | ND | ND |
| Magnesio cmol(+) kg ⁻¹ | 5.7 | 5.5 | ND | ND | 7.3 | 7.6 | ND | ND |
| Fosforo | 1.7 | 0.7 | 11 | 11 | 1.5 | 1.7 | 11.5 | 11.5 |

ND = no determinado.

ND = not determined.

Los valores del pH en agua son mayormente estables y acorde con la clasificación de la NOM-021-SEMARNAT-2000 (2002) los valores del Phaeozem para ambas profundidades en el año 1983 y 2023 se clasifican como moderadamente ácidos, para el vertisol los valores corresponden a neutro a excepción de la primera capa en el análisis del 2023, esto refuerza lo propuesto por Báez et al. (2017) donde señalan que la integración de MO modifica el pH.

Por ultimo los valores del P (fósforo) en 1983 oscilaban entre 0.2 y 1 mg kg⁻¹ y para el 2023 en ambas profundidades el valor es igual a 11 mg kg⁻¹, el aumento de este macronutriente en el suelo de acuerdo con Fernández-Marcos (2011), indica una aplicación excesiva a las necesidades de los cultivos lo que conduce a un incremento progresivo de la concentración de fósforo en el suelo.

CONCLUSIONES

La evaluación del cambio de uso de suelo y vegetación en el municipio de Jiutepec en un periodo 27 años mostró el crecimiento de la zona urbana influenciado por los asentamientos humanos periféricos a la zona industrial, así como la reducción de las zonas agrícolas y selva baja caducifolia, así como la aparición de una categoría denominada "sitio de disposición de residuos sólidos"; derivando en la consolidación de un mosaico complejo donde la matriz urbana es hegemónica, y los elementos naturales y agroproductivos se disponen de manera residual y fragmentada.

En la comparativa edáfica los análisis del 2023 se integran nuevos datos como la porosidad, densidad aparente y real, no existiendo variaciones sustanciales de las propiedades como textura, pH y materia orgánica, en cuanto al color no se encontraron las claves reportadas en el 1983, por último, hubo un incremento en el Fosforo asociado principalmente con el empleo de fertilizantes.

En el municipio existen unidades de suelo aptas para la agricultura que están sufriendo presiones androgénicas, teniendo en consecuencia una disminución de la productividad la cual afecta directamente a los pequeños productores que aún conservan sus tierras.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los datos utilizados o analizados durante el estudio actual están disponibles con el autor correspondiente a solicitud razonable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FINANCIACIÓN

La investigación reportada en este artículo fue financiada íntegramente con recursos propios de los autores. No se recibieron fondos específicos de agencias de financiación en los sectores público, comercial o sin fines de lucro para llevar a cabo este estudio. Los autores han asumido los costos asociados con la realización de la investigación, incluyendo el desarrollo de la metodología, la recopilación de datos, el análisis y la publicación de los resultados.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: S.Y.H.R. y M.E.B.G.; Metodología: Y.A.G. y M.E.B.G.; Software: Y.A.G.; Validación: M.E.B.G., E.M.D.G., D.A.P., R.C.B.R. y A.G.F.; Análisis formal: S.Y.H.R., M.E.B.G. y Y.A.G.; Investigación: S.Y.H.R., M.E.B.G. y Y.A.G.; Recursos: Y.A.G. y M.E.B.G.; Curación de datos: Y.A.G. y M.E.B.G.; Escritura - preparación del borrador original: Y.A.G., M.E.B.G. y A.G.F.; Escritura - revisión y edición: M.E.B.G., S.Y.H.R., Y.A.G., A.G.F., E.M.D.G., D.A.P. y R.C.B.R.; Visualización: S.Y.H.R., M.E.B.G. y Y.A.G.; Supervisión: M.E.B.G., Y.A.G. y A.G.F.; Administración del proyecto: Y.A.G., M.E.B.G. y A.G.F.; Adquisición de fondos: Y.A.G. y M.E.B.G.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a los ejidatarios de Tejalpa del municipio de Jiutepec, Morelos, por permitirnos realizar el estudio de sus suelos agrícolas, su colaboración fue fundamental para el desarrollo de este trabajo. Agradecemos también al Centro de Investigaciones Biológicas y al Laboratorio de Edafoclimatología, ambos pertenecientes a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, por su invaluable apoyo técnico y administrativo. Su contribución, así como el acceso a sus instalaciones y recursos, fue crucial para la realización de análisis necesarios para este estudio. Esta investigación no hubiera sido posible sin el respaldo y la colaboración de todas estas instituciones y ejidos.

LITERATURA CITADA

- Alvarado-Rosas, C., Vieyra-Medrano, A., & Hernández-Lozano, J. (2008). Diferenciación socio-residencial en el Área Urbana de la Ciudad de Cuernavaca, Morelos. *Investigaciones geográficas*, 66, 135-152.
- Álvarez, F., Ornelas-García, C. P., & Wegier, A. (2019). Antropización: Un término viejo con un nuevo significado. En C. P. Ornelas-García, F. Álvarez, & A. Wegier (Eds.). *Antropización: primer análisis integral* (pp. 13-23). Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Armenteras, D., González, T. M., Vergara, L. K., Luque, F. J., Rodríguez, N., & Bonilla, M. A. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como "unidad de la naturaleza" 80 años después de su formulación. *Ecosistemas*, 25(1), 83-89. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-1.12>
- Báez-Pérez, A., Limón-Ortega, A., González-Molina, L., Ramírez-Barrientos, C. E., & Bautista-Cruz, A. (2017). Efecto de las prácticas de agricultura de conservación en algunas propiedades químicas de los Vertisoles. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(4), 759-772. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i4.5>

- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2023). Información Espacial de las Áreas Naturales Protegidas. Consultado el 20 de marzo, 2023, desde <https://sig.conanp.gob.mx/Shape>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) & SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (2015). Monitor de Sequía en México (MSM). Consultado el 20 de marzo, 2023, desde <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) & SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (2024). Monitor de Sequía en México (MSM). Consultado el 20 de marzo, 2024, desde <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2024) Geoportal CONABIO. Consultado el 20 de marzo, 2023, desde <http://geoportal.conabio.gob.mx/>
- CEIEG (Comité de Estatal de Información Estadística y Geográfica). (2015). Diagnóstico municipal. 2015. Consultado el 20 de marzo, 2023, <http://www.ceieg.morelos.gob.mx/pdf/Diagnosticos2015/JIUTEPEC.pdf>
- Cruz-Roblero, G., Ramos-Hernández, S. G., & Palma-López, D. J. (2024). Evaluación de la calidad de suelo en municipios pertenecientes a la depresión central de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana*, 42, 1-18. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1730>
- Dirzo, R. (1992). Diversidad florística y estado de conservación de las selvas tropicales de México. En J. Sarukhán & R. Dirzo (Eds.). *México ante los retos de la biodiversidad* (pp. 283-290). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Escandón-Calderón, J., Ordóñez-Díaz, J. A. B., Nieto-de Pascual Pola, M. C. del C., & Ordóñez-Díaz, M. de J. (2018). Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46), 27-53. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.135>
- ESRI (2016). *ArcGis User's Guide. Released 10.5*. Redlands, CA, USA: Environmental Systems Research Institute.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015). World reference base for soil resources 2014: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Rome, Italy: FAO
- Fernández-Marcos, M. L. (2011). Contaminación por fósforo procedente de la fertilización orgánica de suelos agrícolas. En M. E. López Mosquera & M. J. Sáinz Osés (Coords.), *Gestión de residuos orgánicos de uso agrícola* (pp. 25-31). Santiago de Compostela, España: Servicio de Publicaciones-Universidad de Santiago de Compostela.
- Flores, G. S. (2023). Emergencia climática en la región centro de México: percepción social para una agenda pública incluyente. *Observatorio de las Ciencias Sociales en Iberoamérica*, 4, 37-58.
- González-Barrios, J., González-Cervantes, G., Sánchez-Cohen, I., López-Santos, A., & Valenzuela-Núñez, L. (2011). Caracterización de la porosidad edáfica como indicador de la calidad física del suelo. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 369-377.
- Google (2022). Google Maps-Imágenes satelitales. Consultado el 20 de marzo, 2022, desde <https://www.google.com/maps>
- Hernández-Pérez, E., García-Franco, J. G., Vázquez, G., & Cantellano-de Rosas, E. (2022). Cambio de uso de suelo y fragmentación del paisaje en el centro de Veracruz, México (1989-2015). *Madera y Bosques*, 28(1) 1-22. <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2812294>
- Hernández-Suárez, J. L. (2021). La política pública hacia la agricultura protegida en el gobierno de López Obrador. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1074-1085. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2776>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2022a). Marco geoestadístico. Consultado el 20 de marzo, 2022, desde <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2022b). *Resultados definitivos del censo agropecuario 2022 en el estado de Morelos*. Consultado el 20 de marzo, 2022, desde https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/CA_Def/CA_Def2022_Mor.pdf
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2007a). Conjunto de Datos Vectorial Edafológico. Escala 1:250 000 Serie II Continuo Nacional Cuernavaca. Consultado el 20 de marzo, 2022, desde <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/#descargas>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2007b). Panorama agropecuario en Morelos. Consultado el 20 de marzo, 2022, desde https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/panora_agrop/mor/PanagroMor1.pdf
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2013). Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) Consultado el 20 de marzo, 2022, desde <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2020). Censo de Población y Vivienda. Subsistema de Información Demográfica y Social. Consultado el 20 de marzo, 2022, desde <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#tabulados>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (1983a). Carta edafológica. Cuernavaca. E14A59 escala 1:50000. Consultado el 20 de marzo, 2022, desde https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/temáticas/Edafología_hist/1_50_000/702825279387.pdf
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (1983b). Conjunto de Datos Vectorial Edafológico. Escala 1:250 000 Serie II Continuo Nacional Cuernavaca. Consultado el 20 de marzo, 2022, desde <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825235253>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2018). Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional. Consultado el 20 de marzo, 2022, desde <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2021). Marco Geoestadístico Nacional, datos vectoriales de la división municipal del estado de Morelos. Consultado el 20 de marzo, 2022, desde <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (1995). Ortoimágenes del territorio nacional versión 1995, Escala 1:20 000 con Resolución de 2 Metros Consultado el 20 de marzo, 2022, desde <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>
- Jiménez-Sánchez, P. L., González-Vera, M. A., Rosas-Ferrusca, F. J., & Calderón-Maya, J. R. (2021). Impactos socio ambientales de los asentamientos humanos irregulares en zonas y áreas naturales protegidas: Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista Ciudades, Estados y Política*, 8(1), 87-99. <https://doi.org/10.15446/cep.v8n1.85013>
- Martínez, D., & Marañón, S. (2004). Análisis retrospectivo de la piscicultura de ornato en el estado de Morelos. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 5(8), 69-75.
- Munsell Color. (1991). *Munsell soil color charts : with genuine Munsell color chips*. Grand Rapids, MI, USA :Munsell Color
- Munsell Color. (2009). *Munsell soil color charts : with genuine Munsell color chips*. Grand Rapids, MI, USA :Munsell Color
- NOM-021-SEMARNAT-2000 (Norma Oficial Mexicana). (2002). Antes NOM-021-RECNAT- 2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*. D. F., México: SEGOB.
- Olagunju, T. E. (2015). Drought, desertification and the Nigerian environment: A review. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 7(7), 196-209. <https://doi.org/10.5897/JENE2015.0523>

- Olivera, G., & Zavaleta, K. (2020). La agricultura urbana y periurbana como segundo mejor uso del suelo en la ciudad. Retos frente a la urbanización y las políticas urbanas: Cuernavaca, México. *QUID 16 Revista del Área de Estudios Urbanos*, 13, 216-242.
- Paruelo, J. M. (2016). El papel de la ciencia en el proceso de ordenamiento territorial (y en otras cuestiones vinculadas con problemas ambientales). Asociación Argentina de Ecología. *Ecología Austral*, 26(1), 51-58.
- Platas-Rosado, D. E., Vilaboa-Arroniz, J., & William, B. (2016). Una aproximación dialéctica a los agroecosistemas. *Agro productividad*, 9(12), 82-86.
- Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M., & Garrido, A. (2010). Procedimientos para el levantamiento y cartografía de las unidades superiores de los paisajes a escalas 1:50 000 y 1:20 000. En *Planeación territorial: Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje* (pp. 33-52). México: UNAM.
- Puyravaud, J. P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177(1-3), 593-596. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00335-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00335-3)
- Rodríguez-Reta, I., Luna-Robles, E. O., Aguirre-Calderón, C. E., Bejar-Pulido, S. J., & Álvarez-Favela, D. O. (2024). Evaluación de las propiedades físicas y hidrológicas de un Vertisol con diferentes usos de suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 15(84), 105-131. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i84.1463>
- Romero-Padilla, A., & Hernández-Juárez, M. (2023). Cambio de uso de suelo por la construcción del NAICM en Texcoco, Estado de México. *Terra Latinoamericana*, 41, 1-15. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1608>
- Rosete-Vergés, F., Pérez-Damián, J., Villalobos-Delgado, M., Navarro-Salas, E., Salinas-Chávez, E., & Remond-Noa, R. (2014). El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques*, 20 (1), 21-35. <https://doi.org/10.21829/myb.2014.201173>
- Santiago-Mejía, B. E., Martínez-Menez, M. R., Rubio-Granados, E., Vaquera-Huerta, H., & Sánchez-Escudero, J. (2018). Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema lama-bordo en la Mixteca Alta de Oaxaca, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(2), 275-288.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable (2023). Áreas Naturales Protegidas. Consultado el 20 de marzo, 2022, desde <https://sustentable.morelos.gob.mx/aim/inicio>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2002). Cambios en la vegetación. Consultado el 13 de febrero, 2023, desde https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/02_Vegetacion/2.2_Cambios/index.htm
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). Informe de la situación del medio ambiente en México. Consultado el 13 de febrero, 2023, desde https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/161446/Cap_CC_completo.pdf
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2011). *Resumen del Programa de Manejo del Parque Nacional El Tepozteco*. D. F., México: SEGOB.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2024). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, reporte por cultivo del periodo 2009-2024 2009. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Consultado el 13 de febrero, 2023, desde https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/
- Simón, M., Peralta, N., & Costa, J. L. (2013). Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. *Ciencia del Suelo*, 31(1), 45-55.
- Sosa-Rubio, E., Sansores-Lara, L., Zapata-Buenfil, G., & Ortega-Reyes, L. (2000). Composición botánica y valor nutricional de la dieta de bovinos en un área de vegetación secundaria en Quintana Roo. *Técnica Pecuaria en México*, 38(2), 105-1017.
- Tinajero, J., Lozada, P., Zabala, M., & Jiménez, C. (2019). Sistema de procesamiento digital de imágenes satelitales para cálculo de áreas de interés. *Ciencia Digital*, 3(3), 29-48. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4..832>
- Trejo, I., & Dirzo, R. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation*, 94, 133-142.
- Trejo, I., & Hernández, J. (1996). Identificación de la selva baja caducifolia en el estado de Morelos, México, mediante imágenes de satélite. *Investigaciones Geográficas*, 5, 11-18.
- Villagra-Mendoza, K., Brenes-Cano, D., & Gómez-Calderón, N. (2023). Efecto del balanceo de cargas en los ejes de tractores agrícolas sobre la eficiencia de labranza y las propiedades físico-mecánicas de un suelo vertisol. *Agronomía Costarricense*, 47(1), 101-121. <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v47i1.53968>
- Villegas, D., & Gómez, W. (2020). Procesos locales de transformación que detonan el cambio de uso de suelo y vegetación en un área natural protegida de la Región Centro de México. *Acta Universitaria*, 30, e2864. <https://doi.org/10.15174/au.2020.2864>
- Vivanco, J. C., Bojórquez, J. I., Murray, R. M., Nájera, O., Flores, F., & Hernández, A. (2010). Características de los principales suelos de la cuenca del río Mololoa, Tepic, Nayarit, México. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 1-9.
- Yáñez-Díaz, M. I., Cantú-Silva, I., & González-Rodríguez, H. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en las propiedades químicas de un vertisol. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 369-379. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i4.349>