



Variables socioeconómicas y ambientales que influyen sobre la deforestación en Méjico 1990-2020

Lucila Godínez Montoya – María Magdalena Rojas Rojas
Karina Valencia Sandoval
MÉJICO

Resumen: el objetivo de la presente investigación fue analizar algunas variables socioeconómicas y ambientales (la producción forestal maderable, los incendios forestales, el Índice Nacional de Precios al Consumidor agropecuario, el Producto Interno Bruto agropecuario, la superficie agrícola sembrada, la población rural y la población urbana) que influyen en la deforestación en Méjico, durante el período 1990-2020. Se construyó un modelo de regresión lineal múltiple estimado, mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios. Los resultados estadísticos indicaron que las variables estadísticamente significativas fueron la producción forestal, el Índice Nacional de Precios al Consumidor agropecuario y el Producto Interno Bruto agropecuario.

Palabras clave: deforestación; cambio climático; población; Índice Nacional de Precios al Consumidor agropecuario; Producto Interno Bruto agropecuario.

Socioeconomic and environmental variables that influence deforestation in Mexico, 1990-2020

Abstract: The objective of this research was to analyze some socioeconomic and environmental variables (timber forest production, forest fires, the National Agricultural Consumer Price Index, the agricultural Gross Domestic Product, the planted agricultural area, the rural population, and the urban population) that influence deforestation in Mexico, during the period 1990-2020. The analysis used an estimated multiple linear regression model built using the Ordinary Least Squares method. The statistical results indicated that the statistically significant variables were forestry production, the National Agricultural Consumer Price Index, and the agricultural Gross Domestic Product.

Keywords: Deforestation; climate change; population; agricultural National Consumer Price Index; agricultural GDP.



Lucila Godínez es Licenciada en Economía Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo; Maestra en Ciencias en Economía del Colegio de Postgraduados, Doctora en Economía Agrícola por la Universidad Autónoma Chapingo y Profesora del Centro Universitario UAEM Texcoco de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Contacto: lgodinezm@uaemex.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8571-9043>



María Magdalena Rojas es Ingeniera Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo; Maestra en Ciencias y Doctora en Economía por el Colegio de Postgraduados. Actualmente es Investigadora del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) comisionada al Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria de la Universidad Autónoma Chapingo.

Contacto: magda.r.rojas@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1953-5537>



Variáveis socioeconômicas e ambientais que influenciam o desmatamento no México, 1990-2020

Resumo: o objetivo desta pesquisa foi analisar algumas variáveis socioeconômicas e ambientais (produção florestal madeireira, incêndios florestais, Índice Nacional de Preços ao Consumidor agropecuário, Produto Interno Bruto agropecuário, área agrícola plantada, população rural e população urbana) que influenciam o desmatamento no México, durante o período 1990-2020. Um modelo estimado de regressão linear múltipla foi construído usando o método Ordinary Least Squares. Os resultados estatísticos indicaram que as variáveis estatisticamente significativas foram: produção florestal, Índice Nacional de Preços ao Consumidor Agropecuário e Produto Interno Bruto agropecuário.

Palavras-chave: Desmatamento; mudanças climáticas; população; Índice Nacional de Preços ao Consumidor; Produto Interno Bruto agropecuário.

Introducción

Méjico exhibe una gran variedad en su territorio, que aborda desde desiertos y selvas hasta regiones frías y calientes, así como volcanes de negro basalto que moldearon la cultura azteca, llanuras de caliza blanca asociadas con la civilización maya, y gran diversidad de montañas, llanos, ríos y mares. Pero, Méjico también figura por sus grandes contrastes sociales. Los mejicanos se identifican con la diversidad de ecosistemas, culturas y pensamientos que alberga su territorio, donde conviven numerosas especies, muchas de estas propias del país y adaptadas a una amplia gama de entornos. Así también, se reconoce la presencia de múltiples culturas en todo el país (CONABIO, 2008, p. 9).

En el capital natural, el forestal resulta también muy importante. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021, p. viii), los bosques son un elemento central de la Agenda 2030. Estos suministran alimentos, medicinas y biocombustible para más de mil millones de personas. Además, desempeñan un papel importante en la protección de los suelos y el agua, al albergar más del 75% de la biodiversidad terrestre del planeta y ayudan en la lucha contra el cambio climático. Asimismo, ofrecen una amplia diversidad de productos y servicios que impulsan el desarrollo socioeconómico al generar empleos e ingresos para millones de personas.



Karina Valencia es Licenciada en Mercadotecnia de la Universidad del Valle de México, Maestra y Doctora en Ciencias Económicas por el Colegio de Posgraduados, Profesora investigadora en la Licenciatura y Maestría en Administración, e integrante del Cuerpo Académico Consolidado "Gestión y Desarrollo Empresarial" en el Doctorado en Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH).

Contacto: karina_valencia@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-7029-977>

No obstante, a lo largo de la historia, la humanidad ha estado ligada al proceso de desarrollo y evolución cultural de los ecosistemas y al aprovechamiento de los diversos servicios ambientales que estos ofrecen para su crecimiento y evolución cultural. Por ende, el capital natural del país se percibe como una valiosa oportunidad para impulsar el desarrollo y generar beneficios para toda la población (CONABIO, 2008, p. 9).

Lo anterior genera costos económicos y sociales, que radican en la pérdida de ese capital natural. Entre las causas de esta pérdida están la deforestación y el cambio de uso del suelo, que son consecuencia de aspectos demográficos y de políticas públicas y desarrollos tecnológicos equívocos; particularmente, el destinar el territorio para uso urbano o para llevar a cabo la producción agropecuaria que ha llevado a una acelerada degradación de los recursos. Específicamente la pérdida de los bosques está relacionada con el cambio de uso de suelo para actividades agropecuarias (CIDE-CONAFOR, 2012, p. 15).

Los estudios relacionados con el cambio en la cobertura y uso del suelo son la base para conocer la evolución de la deforestación, la degradación, la desertificación y la pérdida de la biodiversidad; sin embargo, aunque los fenómenos naturales pueden alterar la cobertura natural, en las últimas décadas, las actividades humanas han sido uno de los principales aspectos que inciden en la transformación de los ecosistemas (Velázquez *et al.*, 2002, p. 21).

En este sentido, Díaz-Gallegos y Mas (2009) señalan que la pérdida o disminución de la superficie de bosques a nivel mundial no es reciente, ya que data de los inicios de la humanidad, cuando los ecosistemas naturales comenzaron a ser alterados. "Hace unos ocho mil años la cobertura de los bosques era de 6 mil millones de ha". (p. 83). No obstante, "este proceso se agudizó durante los últimos dos siglos al cuadruplicarse la densidad de la población y desaparecer más superficie forestal que durante toda la historia de la humanidad sobre la Tierra" (Velázquez *et al.*, 2002, p. 22); sobre todo de mediados del siglo pasado hasta la actualidad, para satisfacer sus necesidades de alimentación, agua, madera, fibras y combustible, principalmente, ha recurrido a la modificación de los ecosistemas más rápida y extensivamente.

Y Méjico no ha quedado exento de estas tendencias globales. En su extensión de casi dos millones de kilómetros cuadrados de superficie terrestre, se evidencia una notable cantidad de cambios que, en términos generales, superan la media mundial en lo que respecta a tasas de deforestación, aumento de áreas de cultivo y pastoreo, así como la expansión urbana, entre otros problemas (Sánchez *et al.*, 2009, p. 76-77). Esto permite decir que, en las últimas décadas, la deforestación se ha perfilado como el principal problema ambiental tanto a nivel mundial como en Méjico.

El objetivo de la presente investigación consistió en analizar algunas de las variables socioeconómicas y ambientales (la producción forestal maderable, los incendios forestales, el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC)

agropecuario, el Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario, la superficie agrícola sembrada, la población rural y la población urbana) que influyen en la deforestación en Méjico, durante el período 1990-2020. Como hipótesis de la investigación se espera una relación positiva entre la *deforestación* y las siguientes variables independientes incluidas en el modelo: los incendios forestales, el INPC agropecuario, el PIB agropecuario, la superficie agrícola sembrada, la población rural y la población urbana. Asimismo, se espera una relación inversa entre la *deforestación* y la producción forestal maderable.

Situación de la superficie forestal y la deforestación a nivel mundial

Los bosques desempeñan un papel transcendental a nivel mundial, nacional y local, ya que proporcionan bienes y servicios esenciales tales como productos maderables, y no maderables, así como servicios ecológicos y ambientales. Estos ecosistemas desempeñan una función crucial en la protección y conservación de los recursos naturales, al controlar la dispersión del agua, promover la infiltración de las aguas pluviales para recargar los suelos y las capas freáticas y proteger los suelos de la erosión eólica e hídrica y otros fenómenos naturales. Además, otorgan hábitats que fomentan la biodiversidad y respaldan sustanciales procesos ecológicos (CEDRSSA, 2019, p. 1).

Además de su importancia ambiental, los bosques tienen un impacto relevante en la economía, la sociedad y en aspectos culturales, religiosos y recreativos (CEDRSSA, 2019, p. 1), pese a que, a lo largo del tiempo, los ecosistemas mundiales han sido afectados por las actividades antropogénicas, con transformaciones importantes en los últimos 150 años, especialmente en las últimas cinco décadas del siglo pasado, debido al crecimiento exponencial de la población y por tanto a la necesidad de satisfacer la demanda de alimentos, agua, madera, entre otros recursos.

Durante este período se ha disipado la mitad de cobertura forestal nativa del planeta, así también se ha extendido la superficie de cultivos hasta cubrir 30% de la tierra, se ha devastado 35% de la extensión de manglares, se ha perturbado 20% de los arrecifes de coral y la demanda de agua se ha cuadruplicado, entre otros cambios relevantes (Sánchez *et al.*, 2009, p. 76).

De acuerdo con la FAO (2021), a nivel mundial existen un total de 4.060 millones de hectáreas de bosque, que representan el 31% de la superficie total; de estas, los bosques tropicales poseen la mayor extensión con un 45%, a los que le siguen en importancia la zona boreal con el 27%, los bosques templados con el 16% y los subtropicales con 11%. El 93% de esta superficie corresponde a bosques regenerados de manera natural y sólo el 7% ha sido plantada; sin embargo, desde 1990, la superficie regenerada de forma natural ha disminuido en 301 millones de hectáreas entre 1990 y 2020, mientras que la otra aumentó en 123 millones de hectáreas. En el mundo aún existe una superficie importante de bosque primario (1.110 millones de hectáreas), en donde la actividad humana no tiene presencia y los procesos ecológicos no se han visto alterados.

No obstante, la superficie de bosques primarios también ha disminuido entre 1990 y 2020 en 81,3 millones de hectáreas, aunque la tasa de pérdida también ha ido a la baja, de 3,41 millones en el período 1990-2000 a 1,27 millones de 2010 a 2020. Es importante mencionar que, sólo 5 países poseen un poco más del 50% de la superficie boscosa en el mundo: la Federación de Rusia, el Brasil, el Canadá, los Estados Unidos de América y China (FAO, 2021, p. 14, 15, 30, 38, 39). De acuerdo con el Informe de la FAO (2021), a nivel mundial:

se estima que entre 1990 y 2020 se perdieron 420 millones de hectáreas de bosque a causa de la deforestación, aunque la tasa se redujo a lo largo del período. La deforestación se produjo a una tasa anual de 15,8 millones de hectáreas en 1990-2000; 15,1 millones de hectáreas en 2000-2010; 11,8 millones de hectáreas en 2010-2015 y 10,2 millones de ha en 2015-2020. Más del 90% de la deforestación en el período 1990-2020 tuvo lugar en la zona tropical, donde la tasa media fue de 9,28 millones de ha por año en 2015-2020 (que, sin embargo, fue significativamente inferior al promedio tropical en 1990-2000 de 13,8 millones de hectáreas por año). (p. 19)

Situación de la superficie forestal y la deforestación en Méjico

Méjico es uno de los países con mayor extensión territorial con 196,01 millones de hectáreas, lo que lo sitúa en el lugar 14 a nivel mundial (CEDRSSA, 2022, p. 6; INEGI, s/f). Las proyecciones de CONAFOR (2022, p. 18), en la Serie VII de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación preparada por el INEGI, base 2018, estiman que la superficie forestal del país abarca el 71% del territorio mejicano, equivalente a 138.695.230 hectáreas. En esta superficie, existe una alta variedad de ecosistemas que proveen servicios ambientales de suma importancia, tales como la retención y depuración del agua potable, la emisión de oxígeno que respiramos, la captura de carbono, la preservación de la biodiversidad y la retención de la erosión del suelo, entre otros. Estos servicios impactan de forma directa en la sostenibilidad de la vida y contribuyen al bienestar de las personas y las comunidades (CONAFOR, 2020, p. 44). En la Tabla 1 se señala la superficie forestal por ecosistema, y se destaca la superficie de matorral xerófilo, bosques y selvas.

Tabla 1. Superficie forestal por ecosistema, estimada con base en la serie VII

Ecosistema	Carta de uso de suelo y vegetación (ha)
Bosques	34.846.607
Selvas	30.332.322
Manglar	947.893
Otras asociaciones	527.054
Matorral xerófilo	56.200.206
Otras áreas forestales	15.841.147
Total	138.695.229

Fuente: elaboración propia, con base en CONAFOR (2022, p.19)



Por otra parte, la superficie arbolada reportada por INEGI en 2021 es de 65,7 millones de hectáreas y engloba a los ecosistemas de bosques, selvas, manglares y otras asociaciones. Méjico ocupa el lugar número 12 en el mundo, antecedido por los siguientes países por orden de importancia: Federación Rusa, Brasil, Canadá, Estados Unidos, China, Australia, República Democrática del Congo, Indonesia, Perú, India y Angola. El ocupar un sitio importante a nivel mundial otorga al país un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad, la cual se concentra en este tipo de superficie, así como la mayoría de las especies maderables (CEDRSSA, 2022, p. 6; CONAFOR, 2022, p. 5).

Por esto, Méjico es considerado un país megadiverso; sin embargo, actualmente un número considerable de especies (2.583) están en peligro de extinción, debido a la transformación y degradación de los ecosistemas, sobre todo de los bosques tropicales (CEDRSSA, 2020, p. 11). En Méjico, los incendios forestales, la proliferación y distribución de plagas y enfermedades y la tala ilegal han contribuido a la reducción, el deterioro y la fragmentación de la superficie forestal (Brambila *et al.*, 2016, p. 33). Este proceso amenaza la disponibilidad y conservación de recursos naturales importantes para la vida (CEDRSSA, 2019, p. 1).

Esta transformación y degradación de los ecosistemas que implica un riesgo respecto a la disponibilidad de los recursos naturales en Méjico se debe no sólo a los aspectos bióticos y abióticos que conllevan también a la deforestación, sino que también se relaciona con cuestiones antropogénicas como los cambios en el uso del suelo (CEDRSSA, 2019, p. 1, 8; CEDRSSA, 2020, p. 11), ya que “a medida que crecen las poblaciones humanas y la demanda de alimentos y tierras se intensifica, la superficie de los bosques se contrae” (CEDRSSA, 2019, p. 1); y esto porque, al aumentar la cantidad de población, se requiere mayor superficie para su asentamiento, así como la necesidad de expandir la frontera agrícola y ganadera. Debido a esto, entre 1976 y 2007 se deforestaron más de 16.575.924 de hectáreas de bosques y selvas por la expansión de campos agrícolas, pastizales y asentamiento humanos (Leija, 2016, p. 1). Sin embargo, en Méjico las cifras de deforestación son muy variables, debido a que para su estimación se utilizan distintos métodos y períodos. De acuerdo con la Comisión Nacional Forestal (citada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2019):

en el período 2000-2015, la tasa neta de deforestación fue de 121 mil hectáreas al año... se observa una tendencia de reducción en la superficie deforestada al año en Méjico: mientras que entre 1990 y 2000 se perdían 354 mil hectáreas anuales, para el período 2010-2015 la pérdida de bosques se estimó en 92 mil hectáreas anuales. En Méjico, particularmente si se trata de selvas ..., las actividades agropecuarias se consideran como uno de los principales responsables de la deforestación, seguidas de la tala clandestina y los incendios forestales intencionales. (p. 117-118).

Marco teórico

En el presente apartado se exponen los aspectos teóricos que indican la relación causal entre la deforestación y las variables socioeconómicas y ambientales consideradas en este estudio. Existen diversas definiciones respecto al término “deforestación”, sin embargo, en este trabajo se retoman las siguientes, de acuerdo con el CEDRSSA (2019):

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable define deforestación como la “pérdida de la vegetación forestal en forma permanente, por causas inducidas o naturales”. La FAO, por su parte, se refiere a este fenómeno como “la conversión del bosque a otros usos de la tierra o la reducción permanente de la cubierta del dosel por debajo del umbral mínimo del 10 por ciento” (p. 7, 8)

CEDRSSA (2019, p. 8) señala que entre los factores que causan la deforestación están: los incendios, las inundaciones, los huracanes, las plagas y las enfermedades, así como la apertura de caminos, la construcción de infraestructura, el pastoreo, las actividades mineras y los cambios de uso de suelo.

La deforestación y la producción forestal maderable

Barrera *et al.* (2021, p. 6) señalan que los bosques y las selvas desempeñan funciones sustantivas ecológicas que benefician a la sociedad mejicana, tales como provisión de hábitat para la biodiversidad, recarga de acuíferos y absorción de carbono, entre otras. Además, desde la perspectiva socioeconómica, son el sustento de 360.000 familias de ejidatarios/comuneros que dependen directamente de la explotación forestal para su sobrevivencia, así como de aproximadamente 12 millones de personas que residen en las áreas forestales.

Desde hace dos décadas y media, la tendencia de la producción forestal se ha visto estancada; sólo en algunos años se han presentado algunos incrementos y decrementos (sobre todo de 1995-2015), de manera que la producción nacional de madera sólo alcanza para satisfacer un tercio del consumo interno en el país. Entonces, la situación actual se refiere a que la capacidad de producción nacional está significativamente por debajo del potencial de aprovechamiento y transformación nacional. Según CONAFOR, existe una superficie potencial de aprovechamiento forestal de 20,8 millones de hectáreas. Empero, se estima que sólo 15 millones de hectáreas cumplen con los requisitos sociales, económicos y de infraestructura indispensables para llevar a cabo una explotación forestal sustentable. De esas áreas forestales, aproximadamente 6 millones de hectáreas ya están siendo utilizadas para actividades de aprovechamiento maderable legalmente autorizadas por la SEMARNAT (Barrera *et al.*, 2021, p. 6 y 14).

Algunos factores y circunstancias que explican el comportamiento de la producción forestal indicado anteriormente son los siguientes: en primer

lugar, los precios de los productos forestales maderables importados son más baratos que los producidos internamente; de manera que, debido a los precios bajos, en las últimas décadas la explotación ilícita de madera se ha incrementado e ingresado al mercado nacional de productos forestales en detrimento de la producción forestal formal (Caballero, 2017, p. 20).

Un segundo factor, que es uno de los principales obstáculos para llevar a cabo la producción forestal maderable en el país, es la costosa y excesiva regulación en materia forestal, lo que propicia la tala ilegal (Barrera *et al.*, 2021, p. 24 y 40). Esta práctica clandestina representa la segunda causa de deforestación en el país, y se estima que dos tercios de la madera producida en Méjico provienen de actividades ilegales, lo que crea una competencia desleal para quienes operan dentro de los límites legales. Factores como el alto costo de oportunidad de la tierra, la complejidad del marco jurídico y la baja competitividad de la producción han derivado en que algunos propietarios menosprecien sus terrenos forestales, abandonándolos y convirtiéndolos en “zonas de libre acceso”. Además, la existencia de un mercado para la madera ilegal y la limitada capacidad de supervisión por parte de las autoridades han permitido la persistencia de la tala clandestina en Méjico (Instituto Tecnológico Autónomo de México, 2010, p. 5).

En este contexto, una de las alternativas para aumentar la producción forestal a mediano plazo es mediante las plantaciones forestales comerciales. Méjico requiere expandir su producción al aprovechar el potencial de superficies que pueden ser gestionadas mediante el manejo forestal comunitario (Barrera *et al.*, 2021, p. 21, 41). Para lograrlo, es relevante contar oportunamente con los permisos necesarios relacionados con la actividad forestal y la documentación que certifique la procedencia legal de la madera. De lo contrario, estos nichos de mercado podrían ser suministrados por productores ilegales (Barrera *et al.*, 2021, p. 41).

La deforestación y los incendios forestales

En Méjico y en el resto del mundo, los ecosistemas se ven alterados por diversos factores, tales como incendios (naturales o provocados), sequías, especies invasoras, plagas y enfermedades forestales (SEMARNAT, 2019, p. 123). Estos eventos traen consecuencias significativas: los incendios representan una de las principales causas de la deforestación en el país, no sólo causan daños al patrimonio natural, sino que también con frecuencia se usan las áreas incendiadas para su posterior conversión a actividades agropecuarias, lo que dificulta la recuperación de la vegetación natural. La causa más frecuente de los incendios forestales son las actividades agropecuarias, seguidas por incendios provocados intencionalmente (SEMARNAT, 2003, p. 21).

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2019, p. 124), a nivel mundial, los incendios forestales son provocados por la deforestación continua, el empleo del fuego en la

agricultura para preparar tierras cultivables o de pastoreo y la ausencia de control de fogatas. En Méjico, en el periodo 2004 a 2017, las principales causas de los incendios forestales fueron las quemas no controladas relacionadas con actividades agropecuarias (41%), seguidas por fogatas sin control (11%), colillas de cigarrillos (12%), los incendios provocados intencionalmente (13%) y otras (23%) (Brambila *et al.*, 2016, p. 33).

La deforestación y la superficie agrícola sembrada

El cambio de uso de suelo y la cobertura vegetal son el componente principal en el deterioro a escala global, regional y local, y han sido documentados como el segundo problema ambiental a nivel global. Además, durante décadas, las actividades humanas y la demanda por bienes y servicios han generado presión sobre los recursos naturales, con grandes impactos que en la mayoría de los casos son negativos y difíciles de revertir (Zamora *et al.*, 2020, p. 58).

Un país puede incrementar su abasto de alimentos al convertir sus ecosistemas naturales en sistemas agrícolas, pero esto tendrá como resultado una reducción de la reserva genética que proporcionan los ecosistemas autóctonos, en la cantidad de otros bienes y servicios ambientales de igual o mayor importancia para el bienestar humano (y por lo general irremplazables), tales como la provisión de agua, la captura de bióxido de carbono de la atmósfera, la regulación de inundaciones y azolves o el control de la desertificación; además, entre las consecuencias de la pérdida de la cubierta forestal destacan: el calentamiento global, la alteración de los ciclos hidrológicos y bioquímicos, el exterminio de especies nativas y la pérdida de hábitat en general (CONABIO, 2008, p. 11; Velázquez *et al.*, 2002, p. 22).

Según datos de la CONAFOR (2022, p. 23), aproximadamente el 22% de la deforestación en Méjico entre 2001 y 2019 se atribuye a la conversión de terrenos deforestados para utilizarlos en cultivos agrícolas. En el mismo sentido, la NASA (2021) afirma que, en 2020, se registró una pérdida de alrededor de 4,2 millones de hectáreas de bosques tropicales lluviosos en todo el mundo. Casi la mitad de esta área perdida se debió a la expansión de la agricultura para la producción de alimentos y la mitad de esa expansión agrícola se debió a productos básicos. En los últimos años, la producción de estos cultivos básicos ha aumentado significativamente los índices de deforestación de bosques; específicamente, en Sudamérica y el sudeste asiático, los cultivos básicos son la principal causa de la pérdida de los bosques.

La deforestación y la población rural y urbana

En Méjico, al igual que en el mundo, la población presentó un crecimiento exponencial durante la segunda mitad del siglo pasado, llegando a su máximo valor en los años setenta; sin embargo, después de esta década, la población comenzó a disminuir debido al llamado "bono demográfico", al reducirse el número de hijos de las familias, que pasó de 5,9 a 2,4 en promedio; por lo

que, entre 2000 y 2015, la tasa de crecimiento de la población pasó de 1,49% a 1;15% anual (SEMARNAT, 2019, p. 26-27; SEMARNAT, 2003, p. 1). Además, se ha presentado un cambio significativo en las características de la población mejicana, al pasar de ser un país mayoritariamente rural a uno principalmente urbano. El crecimiento de las grandes ciudades mejicanas se ha debido a la migración masiva de población proveniente del campo (SEMARNAT, 2003, p. 3, 5). De acuerdo con el INEGI, mientras que en 1950, el 57% de la población vivía en localidades rurales, para 2020 este número se ubicó en 21%; y el resto, 79% de la población, habitaba en localidades urbanas.

Sin embargo, más de 60% del territorio mejicano está cubierto por bosques que proporcionan importantes servicios ecosistémicos y que benefician no sólo a las comunidades que habitan esas áreas, sino también a la sociedad en general; es decir, a comunidades urbanas, rurales, locales, regionales y globales (CIDE-CONAFOR, 2012, p. 15 y 26).

Respecto al régimen de propiedad, se tiene que alrededor de 80% de los bosques y selvas del país se encuentran bajo régimen de propiedad social, aproximadamente el 15% es propiedad privada y el resto propiedad federal, estatal o municipal. Los bosques de Méjico son territorios que albergan a un número importante de pobladores, que representan cerca de una quinta parte de la población (población rural); sin embargo, una parte importante de las comunidades forestales presenta condiciones de desarrollo económico y social precarias, con altos índices de marginación y pobreza y situaciones de poca accesibilidad geográfica. En las regiones forestales de Méjico, viven alrededor de 12 millones de personas, muchas de ellas son indígenas (CIDE-CONAFOR, 2012, p. 15 y 26; Merino, 2018, p. 912).

Los núcleos agrarios bajo el régimen de propiedad social son alrededor de 8.500; en estos, para cubrir sus necesidades básicas y económicas, los hogares rurales recurren a los recursos naturales, y los beneficios económicos que obtienen pueden reducir la pobreza de los hogares. Aunado a lo anterior, la transformación del territorio para fines urbanos o de producción agropecuaria ha acelerado la degradación de los recursos y el efecto de fenómenos naturales, lo cual está causando altos costos económicos y sociales. Debido a lo anterior, se puede decir que el principal problema de las áreas forestales de Méjico es la deforestación, además de que la expansión de las fronteras agrícola y pecuaria ha sido el factor más importante de transformación de los ecosistemas terrestres del país (CIDE-CONAFOR, 2012). Es importante mencionar que, durante el período 2001-2019, el 4,2% de la deforestación bruta del país se destinó para "el crecimiento de las áreas urbanas, desarrollos turísticos, e infraestructura, entre otros usos" (CONAFOR, 2022, p. 23).

Metodología

Para llevar a cabo la investigación se realizó una revisión bibliográfica de distintos autores e instituciones, tales como el Banco de Información

Económica (BIE) del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), de las cuales se obtuvo información estadística de variables como las tasas anuales de deforestación bruta a nivel nacional, la producción forestal maderable, los incendios forestales, el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) agropecuario, el Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario, la superficie agrícola sembrada, la población rural y la población urbana, para el período 1990 a 2020. Con la información recabada, se generó una base de datos y se estableció un modelo de regresión lineal múltiple. Para estimar los coeficientes o parámetros de cada una de las variables explicativas, se utilizó el paquete Statistical Analysis System (SAS) mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), quedando expresados de la siguiente forma:

$$\text{Deforestación}_t = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Prodfor}_t + \alpha_2 \text{Incendios}_t + \alpha_3 \text{INPCAgro}_t + \alpha_4 \text{PIBAgro}_t + \alpha_5 \text{SupSem}_t + \alpha_6 \text{PobRur}_t + \alpha_7 \text{PobUrb}_t + \varepsilon_i \quad (1)$$

Donde $\alpha_0, \dots, \alpha_n$ son los parámetros a estimar en la ecuación; ε_i es el término del error que se introduce en el modelo y que se distribuyen independiente e idénticamente con media cero y varianza constante; *Deforestación_t* indica las tasas anuales de deforestación bruta a nivel nacional (hectáreas); *Prodfor_t* es la producción forestal maderable (millones de m³ rollo); *Incendios_t* indica los incendios forestales en Méjico (número de incendios forestales); *INPCAgro_t* es el Índice Nacional de Precios al Consumidor agropecuario (índice base segunda quincena de julio 2018=100); *PIBAgro_t* es el Producto Interno Bruto de actividades primarias (millones de pesos a precios de 2013); *SupSem_t* es la superficie agrícola sembrada (hectáreas); *PobRur_t* es la población rural en Méjico (miles de personas) y *PobUrb_t* es la población urbana en Méjico (miles de personas).

También se estimaron las elasticidades de las variables que afectan a la *Deforestación_t*, lo que indica que ante un cambio de un por ciento de las variables independientes *Prodfor_t*, *Incendios_t*, *INPCAgro_t*, *PIBAgro_t*, *SupSem_t*, *PobRur_t* y *PobUrb_t* afectará positiva o negativamente las variaciones en la deforestación (Vázquez y Martínez, 2015).

Resultados

Con la información recabada para esta investigación, se obtuvieron los siguientes resultados; estos se analizaron desde el punto de vista estadístico y económico y se calcularon las elasticidades.

Análisis estadístico

El análisis estadístico del modelo se basó en el coeficiente de determinación (R^2), el valor de la F-calculada (F_c), el cuadrado medio del error y la t_{student} , para cada uno de los estimadores a partir del análisis de varianza. Para probar la significancia estadística de la ecuación de regresión ajustada, se consideró el siguiente juego de hipótesis $H_0: \alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n = 0$ vs $H_a: \alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n \neq 0$.

Los resultados del análisis de varianza que se muestran en la Tabla 2, para el caso del modelo $Deforestación_t$, revelaron que la prueba global resultó significativa, ya que la $F_c = 62,67$ fue mayor que la $F_t, 0.5 (7, 22) = 2.464$, con un nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) en favor de la hipótesis alternativa (H_a), lo que indica que al menos uno de los parámetros estimados por la regresión es distinto de cero; es decir, la prueba global resultó significativa.

Tabla 2. Análisis de varianza

Variable dependiente	Variables independientes						
Ecuación 1							
$Deforestación_t$	$Prodfor_t$	$Incendios_t$	$INPCAgro_t$	$PIBAgro_t$	$SupSem_t$	$PobRur_t$	$PobUrb_t$
Coefficiente	-48055	-1,86496	15886	-2,76089	-0,00692	24,32126	-18,61807
T_c	-2,93	-0,47	2,67	-2,78	-0,40	1,91	-1,29
P-value	0,0078	0,6402	0,0140	0,0109	0,6921	0,0687	0,2108
$R^2 = 62,67\%$							
F-valor = 5,28							
Prob>F = <,0012							

Fuente: elaboración propia con los resultados del paquete estadístico SAS.

De acuerdo con el estadístico R^2 , la $Deforestación_t$ en Méjico fue explicada en un 62,67% por las variables independientes incluidas en el modelo. Con respecto a la prueba individual, de las variables independientes incluidas en la ecuación de la $Deforestación_t$, tanto la $Prodfor_t$, el $INPCAgro_t$, como el $PIBAgro_t$ resultaron ser estadísticamente significativas, ya que presentaron una $|t_c| = -2,93, 2,67$ y $-2,78$ respectivamente, que fueron mayores que la $t_{t, 0.025(25)} = 2,0595$. Además, como lo muestra el mismo cuadro, para el caso de estas variables, el p-value fue menor al nivel de significancia (0.05), con un nivel de confianza del 95%.

Por el contrario, en términos estadísticos, las variables $Incendios_t$, $SupSem_t$, $PobUrb_t$ y $PobRur_t$ fueron no significativas, ya que su $|t_c| = -0,47, -0,40, -1,29$ y $1,91$, respectivamente, resultaron ser menores que la $t_{t, 0.025(14)} = 2,0595$ y así como el p-value de cada una; sin embargo, cabe resaltar que tanto la t_c como el p-value de la variable $PobRur_t$ está muy cerca de ser significativa estadísticamente, lo que se puede corroborar ya que el p-value resultó ser de 0,0687, muy cerca del nivel de significancia (0,05).

Análisis económico

De acuerdo con los resultados, el modelo estimado para la deforestación en Méjico fue:

$$\begin{aligned} (Deforestación) = & 2093771 - 48055 Prodfor - 1,86496 Incendios \\ & + 15886 INPCAgro - 2,76089 PIBAgro - 0,00692 SupSem + \\ & 24,32126 PobRur - 18,61807 PobUrb_t \end{aligned} \quad (2)$$

Para el caso de las variables independientes de esta investigación: la *Prodfor*, el *INPCAgrop_t* y la *PobRur_t*, los coeficientes estimados resultaron con los signos esperados de acuerdo con la teoría económica; ya que muestran una relación directa entre el *INPCAgrop_t* y la *PobRur_t* con la Deforestación; además de una relación inversa entre la *Prodfor_t* y la Deforestación en Méjico, para el período de estudio de 1990-2020.

Por otra parte, en relación con las variables Incendios, *PIBAgro_t*, *SupSem_t* y la *PobUrb_t*, de acuerdo con la información estadística recabada de las distintas bases de datos oficiales y para el período analizado, los signos obtenidos a partir de la estimación del modelo econométrico no fueron los esperados de acuerdo con la teoría económica, pues se esperaba una relación directa, pero que resultó una relación inversa entre estos y la Deforestación.

Interpretación económica de las elasticidades

Se calcularon las elasticidades del modelo, las cuales se muestran en la Tabla 3. Las variables independientes *Prodfor_t*, el *INPCAgrop_t* y la *PobRur_t* resultaron con el signo esperado de acuerdo con la teoría económica. La elasticidad de la Deforestación con respecto a estas variables fue de -1,72, de 4,52 y de 3,10, respectivamente. Esto significa que, ante un cambio de un por ciento en las variables positivas *INPCAgrop_t* y *PobRur_t*, la Deforestación aumentará en 4,52 % y 3,10 %, respectivamente. Y ante un cambio de un por ciento en la *Prodfor_t*, la Deforestación se reduce en 1,72 %.

Tabla 3. Elasticidades de la forma estructural

Modelo de la Deforestación _t	
$\epsilon_{ProdFor}^{Deforestación}$	= -1,72
$\epsilon_{Incendios}^{Deforestación}$	= -0,07
$\epsilon_{INPCAgro}^{Deforestación}$	= 4,52
$\epsilon_{PIBAgro}^{Deforestación}$	= -6,52
$\epsilon_{SupSem}^{Deforestación}$	= -0,74
$\epsilon_{PobRur}^{Deforestación}$	= 3,10
$\epsilon_{PobUrb}^{Deforestación}$	= -7,77

Fuente: elaboración propia con base en información de la salida del paquete SAS.

Conclusiones

Se concluye que, las variables estadísticamente significativas incluyen la *Prodfor_t*, el *INPCAgrop_t* y el *PIBAgro_t*; mientras que la *PobRur_t* estuvo cerca de ser significativa con un p-value de 0,06, siendo mayor en 0,01 respecto a lo esperado para ser significativa (p-value = 0,05). Además, el análisis económico reveló que, con respecto a las variables independientes incluidas



en el modelo, se observó el signo que se esperaba desde el punto de vista teórico únicamente para las variables $Prodfor_t$, $INPCAgrop_t$ y $PobRur_t$. Por consiguiente, se pudo confirmar la hipótesis de la investigación, dado que resultó una relación inversa entre la $Prodfor_t$ y la Deforestación, así como una relación directa entre el $INPCAgrop_t$ y la $PobRur_t$, ambas con respecto a la Deforestación en Méjico para el período analizado. Esto significa que, al aumentar la $Prodfor_t$, el $INPCAgrop_t$ y la $PobRur_t$, la Deforestación disminuye con respecto a la primera variable, mientras que aumenta con respecto a las otras dos variables en cuestión.

En el caso de los incendios forestales en Méjico (*Incendios*), se esperaba una relación positiva entre estos y las tasas anuales de deforestación bruta (*Deforestación*). Sin embargo, el signo estimado resultó negativo. Por consiguiente, se puede concluir que el resultado no concuerda con lo esperado según la teoría, puesto que los incendios constituyen una de las causas relevantes de la deforestación en el país. No obstante, se dispone de información respecto a los incendios forestales intencionales que el artículo 97 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable señala que cuando una superficie forestal se incendia, puede recuperarse con el tiempo debido a la restricción del cambio de uso del suelo. Esta medida tiene como objetivo desalentar los incendios provocados y promover simultáneamente la conservación de la vegetación natural. Lo anterior podría, tentativamente, explicar el signo negativo obtenido en relación con esta variable.

Referencias bibliográficas

1. Barrera, J. M., Madrid, L. y Hernández, K. (2021, 6 de mayo). *La producción forestal en Méjico a lo largo del tiempo: avances y retrocesos*. CCMSS. https://ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2021_10_ProduccionForestal_final.pdf
2. Brambila, J., Pérez, V., Rojas, M. y Pérez, K. (2016). *Los bosques, generadores de desarrollo económico*. Cámara de Diputados – Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria.
3. Caballero, D. M. (2017). Tendencia histórica de la producción maderable en el Méjico contemporáneo. Ensayo técnico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(43), 4-26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63454577001>
4. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CEDRSSA]. (2019, 12 de diciembre). *La actividad forestal en Méjico, estrategias y acciones contra la deforestación*. <http://201.147.98.23/Recursos/Print/3406>
5. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CEDRSSA]. (2020, 28 de febrero). *Impacto económico del cambio climático en Méjico*. <http://201.147.98.23/Ver/Documento/3419>
6. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CEDRSSA]. (2022, 4 de julio). *El manejo forestal comunitario para*

- mejorar la productividad y el uso de los recursos forestales.* <http://201.147.98.23/Ver/Documento/4731>
7. Centro de Investigación y Docencia Económicas – Comisión Nacional Forestal [CIDE-CONAFOR]. (2012). *La Comisión Nacional Forestal en la historia y el futuro de la política forestal de Méjico.* <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=476>
 8. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2008). *Capital natural de Méjico, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I00_PrefacioGuia.pdf
 9. Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2020). *El estado que guarda el sector forestal en Méjico 2020. Bosques para el bienestar social y climático.* <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/1/7825El%20Estado%20que%20guarda%20el%20Sector%20Forestal%20en%20M%C3%A9xico%202020.pdf>
 10. Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2022). *Estado que guarda el sector forestal en Méjico. Bosques para el bienestar social y ambiental 2021.* https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/778473/Libro_completo_EGSFM_DIGITAL_1NOV__1__compressed.pdf
 11. Díaz-Gallegos, J. y Mas, J. (2009). La deforestación de los bosques tropicales: una revisión. *MAPPING, Revista Internacional de Ciencias de la Tierra*, (136), 83-96. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=912>
 12. Food and Agriculture Organization. (2021). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Informe principal.* <https://doi.org/10.4060/ca9825es>
 13. Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (s/f). *Extensión territorial.* <https://www.cuentame.inegi.org.mx/territorio/extension/default.aspx>
 14. Instituto Tecnológico Autónomo de México. (2010). *El sector forestal en Méjico: diagnóstico, prospectiva y estrategia.* Centro de Estudios de Competitividad. https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/El_sector_forestal_en_Mexico_diagnostico_prospectiva_y_estrategia.pdf
 15. Leija, E. (2016). La deforestación en Méjico: causas y efectos socioecológicos. *Herreriana*, 12(1), 3-4.
 16. Merino, L. (2018). Comunidades forestales en Méjico. Formas de vida, gobernanza y conservación. *Revista Mexicana de Sociología*, 80(4), 909-940. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032018000400909
 17. National Aeronautics and Space Administration [NASA]. (2021, 12 de agosto). Evaluando la relación entre la agricultura y la deforestación. *Ciencia.* <https://ciencia.nasa.gov/relacion-agricultura-deforestacion>
 18. Sánchez, S.; Flores, A.; Cruz-Leyva, I. y Velázquez, A. (2009). Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. En *Capital natural de Méjico, vol. II: estado de conservación y tendencias de cambio (pp. 75-129)*. Comisión Nacional para el Conocimiento y la Biodiversidad. http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II02_Estado%20y%20transformacion%20de%20los%20ecosistemas%20terrestres.pdf
 19. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2003). *El medio ambiente en Méjico 2002. En resumen.*

20. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2019). *Informe de la situación del medio ambiente en Méjico 2018. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave, de desempeño ambiental y crecimiento verde*. SEMARNAT.
21. Vázquez, M. y Martínez, M. (2015). Estimación empírica de las elasticidades de la oferta y demanda. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 955-965. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i5.590>
22. Velázquez, A.; Mas, J.; Díaz-Gallegos, J.; Mayorga-Saucedo, R.; Alcántara, P.; Castro, R.; Fernández, T.; Bocco, G.; Ezcurra, E. y Palacio, J. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en Méjico. *Gaceta Ecológica*, (62), 21-37. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906202.pdf>
23. Zamora, M.; Buendía, J.; Martínez, P. y García, R. (2020). Diagnóstico del uso del suelo y vegetación en la microcuenca Tula, Méjico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 57-68. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.2213>

Para citar
este artículo:

Godínez-Montoya, L.; Rojas-Rojas, M.M. y Valencia-Sandoval, K. (2023). Variables socioeconómicas y ambientales que influyen sobre la deforestación en Méjico 1990-2020. *Teuken Bidikay* 14(23). 179-194. doi: 10.33571/teuken.v14n23a11

E24A07-GE* YAMarín

