

Análisis histórico de las plagas forestales en México

Historical analysis of forest pests in Mexico

Giovani González Camacho*

Universidad Autónoma del Estado de México, México

ggonzalezc@uaemex.mx

 <https://orcid.org/0000-0003-3479-8973>

Francisco Herrera Tapia

Universidad Autónoma del Estado de México, México

fherrerat@uaemex.mx

 <https://orcid.org/0000-0001-5634-5057>

Recepción: 26 de marzo de 2024

Aprobación: 11 de julio de 2024



RESUMEN

Se analiza el comportamiento histórico de las plagas forestales en México. Para ello, se consultaron los anuarios forestales estadísticos de 1994 a 2020, así como datos atmosféricos. Con los datos recabados se realiza un análisis de correlación de Pearson, se efectúa un análisis de tendencias y se generan dos índices de afectación histórica, uno a nivel nacional y otro a nivel estatal. Se obtiene que la temperatura mínima anual fue el factor atmosférico que presentó mayor correlación positiva con las plagas forestales, que las tendencias de las plagas forestales alcanzaron su clímax alrededor de 2015 y que las entidades con mayor afectación histórica han sido Durango, Jalisco, Veracruz y Chihuahua.

PALABRAS CLAVE: plagas forestales, enfermedades forestales, sanidad forestal, análisis histórico.

ABSTRACT

The historical behavior of forest pests in Mexico was analyzed. For this purpose, statistical forest yearbooks from 1994 to 2020 were consulted, as well as atmospheric data. With the data collected, a Pearson correlation analysis was carried out, a trend analysis was performed and two indexes of historical impact were generated, one at the national level and the other at the state level. As a result, it was obtained that the minimum annual temperature was the atmospheric factor that presented the greatest positive correlation with forest pests, that the trends of forest pests reached their climax around 2015 and that the entities with the greatest historical impact have been Durango, Jalisco, Veracruz and Chihuahua.

KEYWORDS: forest pests, forest diseases, forest health, historical analysis.

INTRODUCCIÓN

Las plagas forestales son organismos dañinos de las especies forestales, que pueden ser vegetales, animales o patógenos (DOF, 2022). Estos organismos se encuentran en equilibrio con el ambiente; sin embargo, cuando las actividades antrópicas o agentes disruptivos (sequías, heladas, incendios, entre otros) favorecen las condiciones para su crecimiento poblacional se convierten en plagas, por lo que se ve afectado el desarrollo de los recursos forestales (Selfa y Atento, 1997).

En la actualidad existe una importante necesidad de generar información sobre el comportamiento de las plagas forestales a nivel internacional con el objetivo de diseñar estrategias de control y mitigación más eficientes, sobre todo en un contexto de cambio climático donde se espera que el problema de superficies afectadas por plagas forestales se agudice (McTaggart *et al.*, 2023).

*AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

ggonzalezc@uaemex.mx

Las plagas forestales representan un riesgo crítico para los ecosistemas forestales alrededor del mundo. Con base en datos de la FAO (2012), a nivel internacional tan solo los insectos forestales han generado daños en 35 millones de hectáreas de bosques, lo cual ha provocado pérdidas económicas considerables y ha afectado principalmente a zonas templadas y boreales.

En México, según la SEMARNAT (2009a), existen aproximadamente 250 especies de insectos y patógenos que afectan las zonas forestales del país. En este sentido, el gobierno mexicano ha generado una clasificación que permite agrupar a este tipo de organismos en seis grandes grupos: descortezadores, defoliadores, plantas parásitas, barrenadores, enfermedades y otros (CONAFOR, 2007; CONAFOR, 2008; DOF, 2022). En el grupo de los descortezadores se ubican insectos que se desarrollan debajo de la corteza de los árboles, lo que les provoca la muerte; los principales representantes de estos insectos son los de los géneros *Ips* y *Dendroctonus*. El grupo de defoliadores comprende aquellos organismos que causan la pérdida parcial o total de las hojas de los árboles. En el caso de las plantas parásitas, se consideran aquellos organismos vegetales que obtienen de sus hospederos soporte y nutrientes y que de forma paulatina causan su deterioro. Los barrenadores agrupan insectos que generan daños en los brotes, tallos suculentos o la parte distal de las ramas. En el grupo de las enfermedades se congregan todos aquellos agentes patógenos dañinos como hongos, bacterias y fallas vasculares que afectan a los árboles. Finalmente, en la categoría de otros se reúnen las plagas que no son consideradas en las categorías anteriores como chupadores de savia e insectos de conos y semillas.

Anualmente, México invierte más de 20 millones de pesos en actividades de sanidad forestal (CONAFOR, 2024). Tan solo en 2021 la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2022a) invirtió 17 millones de pesos en tratamientos fitosanitarios y 22 millones de pesos en brigadas de saneamiento forestal. Asimismo, se han desarrollado estrategias para el monitoreo continuo de plagas forestales a través del Sistema Integral de Vigilancia y Control Fitosanitario Forestal; sin embargo, es necesario hacer un análisis del comportamiento histórico de las plagas forestales para entender su comportamiento presente y futuro (CONAFOR, 2022b). Esto lleva a la pregunta de investigación: ¿Cuál ha sido el comportamiento histórico de las plagas forestales en México? Por tanto, el objetivo es analizar el comportamiento histórico de las plagas forestales en México.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del trabajo se consultaron los anuarios forestales estadísticos de 1994 a 2020, dicho periodo se seleccionó por ser el único que detallaba información sobre superficie afectada por tipo de plaga a nivel estatal (CONAFOR, 2019; CONAFOR, 2020; SAGADER, 1994; SEMARNAP, 1995; SEMARNAP, 1996; SEMARNAP, 1997; SEMARNAP, 1998; SEMARNAT, 1999; SEMARNAT, 2000; SEMARNAT, 2001; SEMARNAT, 2002; SEMARNAT, 2003; SEMARNAT, 2004; SEMARNAT, 2005; SEMARNAT, 2006; SEMARNAT, 2007; SEMARNAT, 2008; SEMARNAT, 2009b; SEMARNAT, 2010; SEMARNAT, 2011; SEMARNAT, 2012; SEMARNAT, 2013; SEMARNAT, 2014; SEMARNAT, 2015; SEMARNAT, 2016; SEMARNAT, 2017; SEMARNAT, 2018). Recopilada la información estadística, se procedió a elaborar una base de datos que indicara la entidad, el tipo de plaga, la superficie afectada y el año.

Posteriormente, se examinaron las bases de datos del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) para recabar información histórica de 1994 a 2020 de las variables atmosféricas: precipitación, temperatura media anual, temperatura máxima anual y temperatura mínima anual (SMN, 2022). Una vez con esta información, en Excel se procedió a realizar un análisis de correlación de Pearson, el cual consideró un nivel de significancia estadística $p < 0.05$ y contrastó las superficies afectadas por cada tipo de plaga forestal con los factores atmosféricos.

Con la información histórica de las superficies afectadas, se llevó a cabo un análisis de tendencias polinómicas de grado 6 con el fin de identificar el comportamiento histórico de cada uno de los tipos de plagas. Posteriormente, se generaron dos índices de afectación histórica de plagas forestales, uno a nivel nacional y otro a nivel estatal. El índice de afectación de plagas forestales nacional se desarrolló de la siguiente manera (1):

$$INA = \frac{\Sigma SEA}{STNA} * 100 \quad (1)$$

Donde:

INA = índice nacional de afectación histórica por tipo de plaga según corresponda (descortezadores, defoliadores, barrenadores, plantas parásitas, enfermedades y otros)

Σ SEA = sumatoria de la superficie estatal afectada por tipo de plaga según corresponda (descortezadores, defoliadores, barrenadores, plantas parásitas, enfermedades y otros) durante el periodo 1994-2020

STNA = superficie total nacional afectada por tipo de plaga según corresponda (descortezadores, defoliadores, barrenadores, plantas parásitas, enfermedades y otros) durante el periodo 1994-2020

Una vez obtenidos los índices nacionales por cada tipo de plaga, se elaboró un índice general de afectación histórica nacional a partir de la siguiente fórmula (2):

$$IGAHN = \frac{IND + INDEF + INB + INPAR + INE + INO}{6} \quad (2)$$

Donde:

IGAHN = índice general de afectación histórica nacional

IND = índice nacional de afectación histórica por descortezadores

INDEF = índice nacional de afectación histórica por defoliadores

INB = índice nacional de afectación histórica por barrenadores

INPAR = índice nacional de afectación histórica por plantas parásitas

INE = índice nacional de afectación histórica por enfermedades

INO = índice nacional de afectación histórica por otros

En lo referente al índice de afectación de plagas forestales estatal, se elaboró de la siguiente forma (3):

$$IEA = \frac{PSEA}{STA} * 100 \quad (3)$$

Donde:

IEA = índice estatal de afectación histórica por tipo de plaga según corresponda (descortezadores, defoliadores, barrenadores, plantas parásitas, enfermedades y otros)

PSEA = promedio de superficie estatal afectada por tipo de plaga según corresponda (descortezadores, defoliadores, barrenadores, plantas parásitas, enfermedades y otros) durante el periodo 1994-2020

STA = superficie total estatal afectada por todas las plagas forestales durante el periodo 1994-2020

Una vez hechos los diversos índices estatales de afectación, se obtuvo el índice de importancia de plagas forestales de la siguiente manera (4):

$$IIPF = \frac{\Sigma IEA}{32} \quad (4)$$

Donde:

IIPF = índice de importancia de plagas forestales

IEA = índice estatal de afectación por tipo de plaga según corresponda (descortezadores, defoliadores, barrenadores, plantas parásitas, enfermedades y otros)

32 = número total de entidades federativas de México

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el cuadro 1, 2012 fue el año con mayor superficie afectada por insectos descortezadores y 2015 en el caso de los defoliadores y otros tipos de plagas, lo cual coincide con las temperaturas mínimas más altas. Por su parte, los barrenadores, plantas parásitas y enfermedades tuvieron los valores más altos de afectación en 2017, que también coincidieron a su vez con las temperaturas máximas más altas de todo el periodo. En el caso de barrenadores, enfermedades y otros tipos de plagas, existen algunos años en los cuales el gobierno no recabó datos.

CUADRO 1
Valores históricos de plagas forestales y factores atmosféricos en México

Año	Descor (ha)	Defo (ha)	Barre (ha)	Plant_parás (ha)	Enfer (ha)	Otros (ha)	P_m_a (mm)	T_m_a (°C)	T_máx_a (°C)	T_mín_a (°C)
1994	3 538	855	1 269	12 339	---	959	718.2	21.1	28.8	13.5
1995	5 566	1 209	21	3 681	---	328	766.8	21.2	28.9	13.5
1996	5 583	4 690	1 972	16 282	---	1 123	664.4	20.8	28.7	13
1997	1 824	5 874	3 974	8 448	---	612	692.1	13.1	28.4	13.1
1998	1 749	3 014	944	1 720	---	431	741	21.2	29.1	13.3
1999	4 425	2 983	2 967	4 811	---	772	754.1	20.7	28.8	12.7
2000	7 011	1 163	2 589	863	---	176	772	20.8	28.7	12.9
2001	10 011.50	452	1 801.00	1 896.00	---	1 059.00	766.1	20.7	28.4	13.1
2002	5 060.00	733	750	312	---	119	738.9	20.9	28.7	13.2
2003	13 286.00	319	0	611	---	60	796.1	21	28.6	13.3
2004	6 387.80	1 913.00	0	3 590.10	---	3 302.00	872.2	20.9	28.3	13.4
2005	11 231.60	1 201.30	10	1 716.80	---	104	774	21.4	29	13.8
2006	16 286.20	4 923.30	0	9 995.80	---	2 481.00	774	29.2	29.2	14.6
2007	16 350	2 961	88	7 452	---	558	775	21.8	29.3	14.7
2008	9 796	7 079	---	11 571	---	3 596	777	21.4	29	13.9
2009	32 857	14 139	---	28 491	---	5 332	776	21.8	29.3	14.3
2010	23 708	38 208	---	45 782	---	6 948	779	21	28.5	13.5
2011	41 042	15 092	---	27 258	---	2 885	778	21.8	29.7	14
2012	294 507	7 486	3 121	37 250	2 460	4 560	777	21.9	29.1	14.5
2013	227 266	14 980	1 582	29 773	2 949	4 439	779	21.9	29.2	14.7
2014	93 646	22 391	3 124	47 884	5 084	10 563	780	22.1	29.3	14.8
2015	51 354	44 893	2 058	23 684	4 071	13 233	781	22.1	29.0	15.1
2016	12 868	24 561	2 326	37 091	6 212	8 036	780	22.4	29.8	15.0
2017	10 526	23 244	7 875	57 144	7 881	4 718	781	22.6	30.1	15.0
2018	4 028	3 501	131	39 891	---	---	781	22.2	29.6	14.9
2019	8 374	21 667	1 748	12 885	499	601	780	22.4	29.9	14.9
2020	12 779	20 228	1 878	10 422	1 269	1 231	779	22.4	30.1	14.9

Fuente: elaboración propia con datos recabados de CONAFOR, 2019; CONAFOR, 2020; SAGADER, 1994; SEMARNAP, 1995; SEMARNAP, 1996; SEMARNAP, 1997; SEMARNAP, 1998; SEMARNAT, 1999; SEMARNAT, 2000; SEMARNAT, 2001; SEMARNAT, 2002; SEMARNAT, 2003; SEMARNAT, 2004; SEMARNAT, 2005; SEMARNAT, 2006; SEMARNAT, 2007; SEMARNAT, 2008; SEMARNAT, 2009b; SEMARNAT, 2010; SEMARNAT, 2011; SEMARNAT, 2012; SEMARNAT, 2013; SEMARNAT, 2014; SEMARNAT, 2015; SEMARNAT, 2016; SEMARNAT, 2017; SEMARNAT, 2018; SMN, 2022.

Nota: Descor = Descortezadores, Defo = Defoliadores, Barre = Barrenadores, Plant_parás = Plantas parásitas, Enfer = Enfermedades, P_m_a = Precipitación media anual, T_m_a = Temperatura media anual, T_máx_a = Temperatura máxima anual, T_mín_a = Temperatura mínima anual.

De las variables atmosféricas analizadas, la temperatura mínima anual fue la que registró la mayor correlación positiva con defoliadores, plantas parásitas y otros (cuadro 2); esto quiere decir que el incremento en las temperaturas mínimas en México está estrechamente relacionado con el incremento de las superficies afectadas por estas plagas forestales. Estos resultados son similares a los de las investigaciones de Hódar *et al.* (2012) y Schneider *et al.* (2021), quienes mencionan que la temperatura mínima es el factor atmosférico que más influye en el incremento de las plagas forestales. En el caso de las enfermedades, a diferencia del resto de las plagas, se obtuvo una correlación positiva con las precipitaciones, lo que sugiere que el desarrollo de las enfermedades forestales depende más del incremento de las lluvias que de la temperatura.

CUADRO 2

Valores de correlación (r) entre superficie afectada por plagas forestales y variables atmosféricas en México

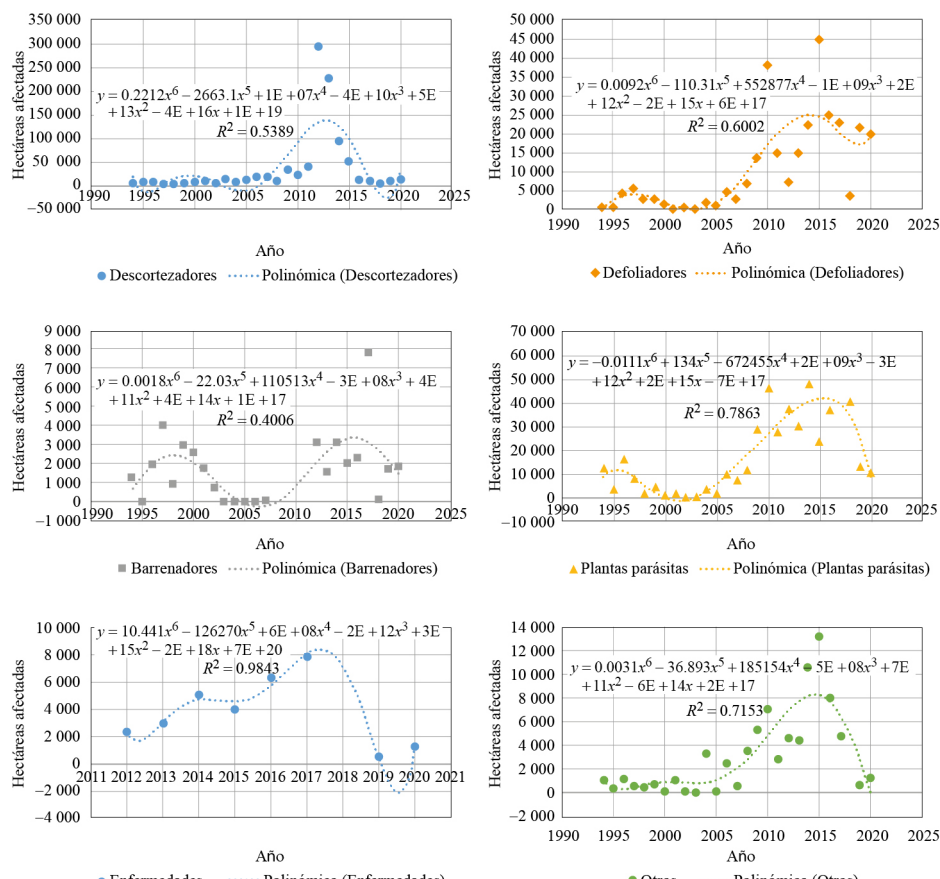
	Descor	Defo	Barre	Plant_parás	Enfer	Otros	P_m_a	T_m_a	T_máx_a	T_mín_a
Descor	1.000	0.155	0.158	0.398*	-0.226	0.331	0.136	0.101	0.080	0.326
Defo	0.155	1.000	0.436*	0.646*	0.262	0.813*	0.188	0.141	0.389*	0.577*
Barre	0.158	0.436*	1.000	0.596*	0.721*	0.314	-0.190	-0.231	0.313	0.162
Plant_parás	0.398*	0.646*	0.596*	1.000	0.862*	0.726*	0.133	0.180	0.486*	0.609*
Enfer	-0.226	0.262	0.721*	0.862*	1.000	0.527*	0.515*	0.317	0.091	0.380
Otros	0.331	0.813*	0.314	0.726*	0.527*	1.000	0.289	0.200	0.203	0.580*
P_m_a	0.136	0.188	-0.190	0.133	0.515*	0.289	1.000	0.373	0.166	0.362
T_m_a	0.101	0.141	-0.231	0.180	0.317	0.200	0.373	1.000	0.440*	0.497*
T_máx_a	0.080	0.389*	0.313	0.486*	0.091	0.203	0.166	0.440*	1.000	0.794*
T_mín_a	0.326	0.577*	0.162	0.609*	0.380	0.580*	0.362	0.497*	0.794*	1.000

Fuente: elaboración propia.

Nota: * = correlaciones estadísticamente significativas, Descor = Descortezadores, Defo = Defoliadores, Barre = Barrenadores, Plant_parás = Plantas parásitas, Enfer = Enfermedades, P_m_a = Precipitación media anual, T_m_a = Temperatura media anual, T_máx_a = Temperatura máxima anual, T_mín_a = Temperatura mínima anual.

Dentro de las relaciones que existen entre los diferentes tipos de plagas forestales, se observa que existe una correlación positiva entre las siguientes plagas (de mayor a menor): *a*) plantas parásitas y enfermedades forestales, *b*) defoliadores y otros tipos de plagas, *c*) plantas parásitas y otros tipos de plagas, *d*) barrenadores y enfermedades, *e*) plantas parásitas y defoliadores, *f*) plantas parásitas y barrenadores y *g*) enfermedades y otros tipos de plagas. Por su parte, los descortezadores mostraron una correlación positiva baja con las plantas parásitas, dato que coincide con el trabajo de González *et al.* (2010), quienes evaluaron la relación entre descortezadores y plantas parásitas y hallaron que existe una relación baja entre ambas plagas.

En cuanto al análisis de las tendencias, de acuerdo con la gráfica 1, todas las plagas forestales tuvieron fluctuaciones diferentes a través del tiempo; sin embargo, su clímax osciló alrededor de 2015. Guégan *et al.* (2023) concordaron en que las plagas forestales no muestran una tendencia de crecimiento lineal; por el contrario, su tendencia está formada por una línea curva con varias cimas dependiendo de las condiciones ambientales. Esta situación concuerda con los resultados en esta investigación, donde las tendencias de las plagas forestales en México mostraron líneas curvas con varios clímax; sin embargo, también se logra identificar que las plagas forestales alcanzaron su máximo clímax alrededor de 2015, fecha considerada como el año más cálido reportado a nivel nacional, producto del fenómeno de El Niño (SMN, 2015). En el caso de los barrenadores la tendencia no fue estadísticamente significativa. Del-Val y Sáenz-Romero (2017) señalan que el cambio climático ha propiciado el incremento de las infestaciones por descortezador en México, que concuerda con los resultados del análisis de tendencias donde los descortezadores muestran una propensión al alza en los próximos años.



GRÁFICA 1
Tendencias de las plagas forestales en México
Fuente: elaboración propia.

En lo concerniente al índice nacional de afectación histórica de plagas forestales, Durango es el estado con mayor afectación de descortezadores, en el caso de defoliadores es el estado de Chihuahua, en barrenadores es Baja California Sur, en plantas parásitas y enfermedades es Jalisco y finalmente, en otro tipo de plagas, es el estado de Quintana Roo con la mayor afectación (cuadro 3). En el estudio de Sosa *et al.* (2018), en el cual se efectuó un análisis de la distribución potencial de las plagas forestales en México, las entidades con mayor potencial de ser afectados por descortezadores son Durango y Chihuahua, resultados que concuerdan con el índice nacional de afectación histórica por descortezadores; en el caso de los defoliadores, el análisis también coincidió en los estados de Chihuahua, Guerrero y Oaxaca. Asimismo, en Méndez *et al.* (2020), donde se analizó la distribución actual y potencial de los descortezadores bajo escenarios de cambio climático, para el caso específico de *Dendroctonus mexicanus*, los estados con mayor potencial de ser afectados en México son Estado de México, Michoacán y Puebla. Dichas entidades registran índices nacionales de afectación histórica por descortezadores medios, discrepancia que puede deberse a que en esta investigación se consideran también infestaciones por descortezadores de otros géneros que se distribuyen principalmente en la zona norte de México.

Según el índice general de afectación histórica nacional, la entidad federativa con mayor afectación histórica ha sido Durango, seguido de Jalisco, Veracruz y Chihuahua, entidades ubicadas en la Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental. Esto concuerda con Del-Val y Sáenz-Romero (2017), quienes señalan que en particular los bosques templados situados en las zonas montañosas son más vulnerables a las plagas forestales y al cambio climático debido a que la reducción de los inviernos y el aumento de las temperaturas provoca el estrés y debilitamiento de los árboles y favorece el desarrollo de las poblaciones de plagas forestales. Por el contrario, las entidades menos afectadas fueron Morelos, Tabasco y Yucatán.

CUADRO 3
Índice nacional de afectación histórica de plagas forestales en México

Estado	ÍNAH_escor	ÍNAH_defol	ÍNAH_barre	ÍNAH_plant_ parás	ÍNAH_enfer	ÍNAH_otros	ÍGAHN
Aguascalientes	0.89	3.19	18.26	6.24	0	2.25	5.138
Baja California	0.31	0	6.88	4.61	3.52	1.23	2.758
Baja California Sur	0	0	27.22	0.69	2.77	0.68	5.227
Campeche	0	3.29	3.37	0.45	0	2.08	1.532
Chiapas	3.19	0.5	0.45	0.54	0	9.45	2.355
Chihuahua	15.64	21.9	1.3	0.14	0.4	6.2	7.597
Ciudad de México	0.29	4.17	0.45	2.06	0.4	2.89	1.710
Coahuila	0.95	0	0.52	4.19	0	1.19	1.142
Colima	0.07	0.3	0.45	1.92	5.95	10.65	3.223
Durango	40.67	0.68	1.08	5.1	4.05	1.69	8.878
Guanajuato	0.79	0.32	0	6.73	0	1.36	1.533
Guerrero	2.26	15.85	0.55	1.26	2.14	2.77	4.138
Hidalgo	1.23	0	0.71	2.07	0	4.89	1.483
Jalisco	1.86	8.44	0	8.75	32.34	1.26	8.775
México	2.06	2.52	0.45	3.47	0.61	0.65	1.627
Michoacán	1.57	0.6	0	1.31	4.71	1.34	1.588
Morelos	0.2	0	0	1.44	2.78	0	0.737
Nayarit	0.01	7.63	0	2.7	0	0.66	1.833
Nuevo León	7.76	0.3	0.78	2.11	0	1.78	2.122
Oaxaca	12.12	15.8	0	5.33	0	0.89	5.690
Puebla	0.26	0.29	0.71	0.39	5.84	0.98	1.412
Querétaro	1.2	0.23	9.37	6.79	0	2.46	3.342
Quintana Roo	0	0	2.94	1.34	0	29	5.547
San Luis Potosí	0.95	1.21	0	3.09	0.76	4.65	1.777
Sinaloa	0.05	0.37	0.47	7.92	0	0.85	1.610
Sonora	0	9.62	0	4.25	0	0	2.312
Tabasco	0	1.35	0	0.18	0	1.61	0.523
Tamaulipas	0.83	0.35	0.52	1.41	7.6	1.05	1.960
Tlaxcala	0.5	0	0	2.9	0	1.51	0.818
Veracruz	0.03	1.09	18.93	3.35	25.92	2.25	8.595
Yucatán	0	0	0.46	0.08	0.24	0.7	0.247
Zacatecas	4.31	0	4.14	7.17	0	1.03	2.775

Fuente: elaboración propia.

Notas: ÍNAH_escor = Índice nacional de afectación histórica por escortezadores, ÍNAH_defol = Índice nacional de afectación histórica por defoliadores, ÍNAH_barre = Índice nacional de afectación histórica por barrenadores, ÍNAH_plant_parás = Índice nacional de afectación histórica por plantas parásitas, ÍNAH_enfer = Índice nacional de afectación histórica por enfermedades, ÍNAH_otros = Índice nacional de afectación histórica por otros, ÍGAHN = Índice general de afectación histórica nacional.

El índice general de afectación histórica nacional y el índice estatal de afectación histórica son similares; sin embargo, este último denota las particularidades de las superficies afectadas por plagas forestales al interior de cada entidad federativa coincidiendo en algunos casos con el índice nacional, pero difiriendo en otros sobre la principal plaga que afecta a cada estado.

En el caso del índice estatal de afectación histórica de plagas forestales, el cuadro 4 muestra que el estado más afectado por los descortezadores es Durango, en el caso de los defoliadores es Campeche, en lo que respecta a barrenadores es Baja California Sur, en el caso de plantas parásitas es Sinaloa, en lo referente a enfermedades es Yucatán y en cuanto a otro tipo de plagas es Quintana Roo (cuadro 4).

CUADRO 4
Índice estatal de afectación histórica de plagas forestales en México

Estado	IEA_desco	IEA_defo	IEA_barre	IEA_plant_parás	IEA_enfer	IEA_otros
Aguascalientes	17.36	13.93	12.35	53.93	0	2.44
Baja California	11.95	0	7.18	63.99	15.33	1.54
Baja California Sur	0	0	57.67	17.5	24.32	0.5
Campeche	0	65.12	9.18	15.82	0	9.88
Chiapas	75.54	1.77	0.01	5.68	0	16.99
Chihuahua	70.47	26.4	0.16	0.22	0.64	2.11
Ciudad de México	14.45	37.88	0.02	35.77	5.03	6.86
Coahuila	33.22	0.01	0.11	65.04	0	1.62
Colima	6.51	0.75	0.01	33	30.31	29.43
Durango	92.26	0.28	0.06	5.78	1.41	0.21
Guanajuato	20.73	0.6	0	77.16	0	1.51
Guerrero	30.44	54.5	0.05	7.88	4.76	2.36
Hidalgo	48.61	0	0.4	36.96	0.93	13.11
Jalisco	15.2	17.23	0	33.81	33.32	0.45
México	46.25	13.27	0.01	36.72	3.62	0.14
Michoacán	52.65	3.23	0	19.98	22.12	2.02
Morelos	21.9	0	0	47.39	30.71	0
Nayarit	3.65	57.73	0	38.42	0	0.2
Nuevo León	86.18	0.26	0.15	11.4	0.9	1.11
Oaxaca	63.89	22.08	0	13.89	0	0.14
Puebla	26.01	1.34	0.74	11.69	57.89	2.32
Querétaro	25.1	0.04	6.84	64.82	0.19	3.01
Quintana Roo	0	0	3.21	20.86	0	75.94
San Luis Potosí	31.47	7.89	0	45.05	5.56	10.03
Sinaloa	4.15	0.97	0.03	94.31	0	0.55
Sonora	1.78	53.67	0	44.55	0	0
Tabasco	0	57.84	0	12.8	12.95	16.41
Tamaulipas	33.94	1.27	0.12	24.53	38.7	1.44
Tlaxcala	28.47	0	0	65.85	2.09	3.59
Veracruz	2.33	3.58	11.16	25.06	55.75	2.12
Yucatán	0	0	0.43	12.06	80.06	7.44
Zacatecas	53.91	0	1.81	43.81	0	0.47
Índice de importancia de plagas forestales	28.700	13.801	3.490	33.929	13.33	6.748

Fuente: elaboración propia.

Notas: IEA_descor = Índice estatal de afectación por descortezadores, IEA_defo = Índice estatal de afectación por defoliadores, IEA_barre = Índice estatal de afectación por barrenadores, IEA_plant_parás = Índice estatal de afectación por plantas parásitas, IEA_enfer = Índice estatal de afectación por enfermedades, IEA_otros = Índice estatal de afectación por otros.

La plaga más sobresaliente en México, con base en la superficie que afecta dentro de cada entidad federativa es, en primer lugar, la de las plantas parásitas; en segundo, los descortezadores; en tercero, los defoliadores; en cuarto, las enfermedades forestales; en quinto, otro tipo de plagas; en último lugar, los barrenadores.

Según CONAFOR (2024), en 2023 los recursos económicos asignados a sanidad forestal se distribuyeron de la siguiente manera: plantas parásitas 40.98%, defoliadores 31.20%, barrenadores 12.76%, enfermedades 8.37%, descortezadores 3.95% y otros 2.74%; asimismo, las entidades más beneficiadas fueron Oaxaca con 29.32%, Guerrero con 25.67% y Baja California Sur con 12.80%. Al comparar los resultados de esta investigación, se observa consistencia en la atención a plantas parásitas como la plaga de más importancia a nivel nacional; sin embargo, al analizar el resto de las plagas forestales el nivel de prioridad no es el mismo. De igual forma, las entidades con mayor afectación histórica no coinciden con las entidades más beneficiadas por los apoyos de sanidad forestal. La diferencia entre la asignación de recursos económicos y los resultados de esta investigación se debe a que los criterios de prelación establecidos por el gobierno mexicano brindan mayor interés a la ubicación de áreas de atención prioritarias para el gobierno en turno, a la superficie de apoyo y a criterios sociales, mientras que aspectos tales como el tipo de plaga forestal tienen un menor valor.

3. PROSPECTIVA

Si bien México cuenta con programas dirigidos a atender la sanidad forestal, existen dos principales problemas que han limitado su éxito: en primer lugar, los programas de sanidad forestal se han diseñado de forma general para todo el país sin tomar en cuenta las particularidades de cada entidad federativa y, en segundo lugar, la asignación de los recursos económicos ha brindado mayor importancia a criterios sociales y no ha tomado en cuenta el comportamiento histórico de las plagas forestales. Moore y Allard (2008) señalan que el cambio climático está causando grandes cambios en el comportamiento de las plagas forestales a nivel mundial. Este problema se agrava al considerar que, según datos de la ONU (2023), existe un 93% de probabilidades de que el fenómeno de El Niño provoque las temperaturas más altas jamás registradas a nivel mundial antes de 2026. Si se considera que durante este fenómeno se identificaron los climas más altos en las tendencias de las plagas forestales, existe una gran probabilidad de que México esté ante un escenario futuro de alto riesgo en materia de sanidad forestal.

Por este motivo, resulta trascendental para el gobierno mexicano y los dueños de los recursos forestales redefinir la estrategia de sanidad forestal actual mediante la incorporación de los índices de afectación histórica. Estos índices permiten priorizar y asignar los recursos económicos de una forma más eficiente considerando las particularidades de cada entidad (tanto en su contexto nacional como en su contexto estatal) y tomando en cuenta el comportamiento histórico de las plagas forestales. Olivo *et al.* (2021) establecen que para lograr la eficiencia en el modelo de gestión de sanidad forestal se requiere reorganizar y jerarquizar los recursos con lo que se cuenta para dirigirlos de forma más puntual a las zonas que más lo necesitan. Solamente rediseñando la estrategia de sanidad forestal, México estará en posibilidades de enfrentar un futuro incremento de las poblaciones de plagas forestales.

4. CONCLUSIONES

El comportamiento histórico de las plagas forestales en México mostró tendencias que alcanzaron un clímax alrededor de 2015, considerado el año más caluroso para el país. Asimismo, las entidades históricamente más afectadas se ubicaron en la Sierra Madre Occidental (Chihuahua, Durango y Jalisco) y parte de la Sierra Madre Oriental (Veracruz).

La mayor parte de las plagas forestales en México presenta una correlación positiva con la temperatura mínima anual, lo que denota que dentro de los elementos atmosféricos dicho factor es el más relevante para monitorear su comportamiento. Por su parte, las enfermedades forestales son las únicas que muestran una estrecha relación con la precipitación, por lo que el aumento de esta implica un incremento poblacional de las enfermedades.

Las plagas forestales tienen relación entre sí y la presencia de unas favorece el establecimiento de otras; sin embargo, hay plagas que se encuentran más estrechamente relacionadas, como es el caso de las enfermedades forestales y las plantas parásitas y los defoliadores con respecto a otro tipo de plagas.

Cada entidad de la República mexicana tiene características específicas que hacen que su vulnerabilidad sea diferente respecto a cada tipo de plaga forestal; por lo tanto, su análisis histórico nos brinda información que favorece el desarrollo de estrategias más adecuadas para su atención. Analizando el pasado de las plagas forestales, podemos comprender mejor su comportamiento presente y futuro. Por lo tanto, se sugiere que las estrategias gubernamentales en materia de sanidad forestal sean manejadas en dos vertientes: una a nivel federal que se encargue de mejorar la sanidad de los bosques nacionales y otra que responda de manera específica a las necesidades de sanidad forestal de cada estado.

Finalmente, el artículo brinda información de utilidad para rediseñar las estrategias gubernamentales en materia de sanidad forestal, con lo cual los recursos asignados tengan mayor impacto en comparación con el esquema actual, en donde los recursos se distribuyen sin tomar en cuenta los antecedentes históricos de las plagas forestales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a los árbitros que aportaron una mejora a la estructura del artículo.

REFERENCIAS

- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2024). *Apoyos CONAFOR*. <https://www.gob.mx/conafor/acciones-y-programas/apoyos-conafor>
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2022a). *Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2021*. https://www.conafor.gob.mx/apoyos/index.php/inicio/app_apoyos#/detalle/2021/92
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2022b). *Sistema Integral de Vigilancia y Control Fitosanitario Forestal*. <http://sivicoff.cnf.gob.mx/>
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2020). Estado que guarda el sector forestal en México, bosques para el bienestar social y climático. *Anuarios estadísticos forestales*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2019). El sector forestal mexicano en cifras. *Anuarios estadísticos forestales*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2008). *Manual de identificación y manejo de plagas y enfermedades en viveros forestales*. <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/descargar.aspx?articulo=243>
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2007). *Sanidad Forestal. Manual de Sanidad Forestal*. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/15/810Manual%20de%20sanidad%20forestal.pdf>
- Del-Val, E. y Sáenz-Romero, C. (2017). Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: problemática actual y perspectivas en los bosques templados. *TIP. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 20(2), 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.006>
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (2022). *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf>
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2012). *Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal*. <https://www.fao.org/3/i2080s/i2080s.pdf>

- González, R. E., Equihua, A., Mendoza, M. A. y Tovar, D. C. (2010). Relaciones entre descortezadores (Coleóptera: Scolytidae) y vitalidad en bosques de *Pinus hartwegii* Lindl. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(2), 121- 133.
- Guégan, F. J., Thoisy, B., Gomez, M., & Jactel, H. (2023). World forests, global change, and emerging pests and pathogens. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 61(101266), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101266>
- Hódar, J. A., Zamora, R. y Cayuela, L. (2012). Cambio climático y plagas: algo más que el clima. *Ecosistemas*, 21(3), 73-78. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/700>
- McTaggart, E., Megiddo, I., & Kleczkowski, A. (2023). The effect of pests and pathogens on forest harvesting regimes: A bioeconomic model. *Ecological Economics*, 209, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107800>
- Méndez, F. M., Méndez, J. y Cerano, J. (2020). Distribución actual y potencial de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins bajo dos escenarios de cambio climático. *Madera y Bosques*, 26(2), 1-14. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2622002>
- Moore, B. y Allard G. (2008). *Los impactos del cambio climático en la sanidad forestal*. <https://www.fao.org/documents/card/fr/c/5f6cd4bf-6c4d-5de0-be73-c9c68b41ca13/>
- Olivo, V., Gomez, C. y Carabelli, F. (2021). Modelo de gestión de la sanidad forestal para bosques implantados en Patagonia: Una propuesta para la provincia de Chubut. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, 29(2), 78-91.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). (2023). *La posible vuelta del fenómeno El Niño amenaza con batir récords de temperaturas mundiales*. <https://news.un.org/es/story/2023/03/1518967>
- SAGADER (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural). (1994). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- Schneider, L., Comte, V., & Rebetez, M. (2021). Increasingly favourable winter temperature conditions for major crop and forest insect pest species in Switzerland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 298(108315), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108315>
- Selfa, J. y Atento, J. L. (1997). *Plagas agrícolas y forestales*. http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_20/B20-006-075.pdf
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2018). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2017). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2016). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2015). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2014). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>

- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2013). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2012). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2011). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2009a). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Indicadores básicos del desempeño ambiental de México*. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores14_cd/conjuntob/07_forestales/07_forestales_presion.html
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2009b). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2008). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2007). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2006). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2005). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2004). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2003). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2002). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2001). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>

- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2000). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (1999). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). (1998). *Anuario estadístico de la producción forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). (1997). *Anuario estadístico de la producción forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). (1996). *Anuario estadístico de la producción forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). (1995). *Anuario estadístico de la producción forestal*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SMN (Sistema Meteorológico Nacional) (2022). *Climatología*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/>
- SMN (Sistema Meteorológico Nacional) (2015). *Reporte del Clima en México 2015*. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/Anual2015.pdf>
- Sosa, L., Méndez, J., García M. A., Cambrón, V. H., Villarreal, J. A., Ruiz, C. G. y Montoya, J. C. (2018). Distribución potencial de barrenadores, defoliadores, descortezadores y muérdagos en bosques de coníferas de México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(47), 187-208. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.159>



Disponible en: <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/22916>

Cómo citar el artículo:

González Camacho, G. y Herrera Tapia, F. (2025). Análisis histórico de las plagas forestales en México. *CIENCIA ergo-sum*, 32. <https://doi.org/10.30878/ces.v32n0a22>

DOI: <https://doi.org/10.30878/ces.v32n0a22>

Declaración de autoría (CRediT):

Giovani González Camacho: conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, redacción-borrador original.

Francisco Herrera Tapia: supervisión, validación, visualización, redacción-revisión y edición.



Licencia Creative Commons Atribución-No-Comercial-SinDerivar 4.0 Internacional.