

Cambio climático y eventos epidémicos del gorgojo descortezador del pino *Dendroctonus frontalis* en Honduras

M. Rivera Rojas^{1*}, B. Locatelli² y R. Billings³

¹ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. Estación Experimental El Mira, km 38, vía Tumaco-Pasto. Nariño. Colombia

² CIRAD UPR Forest Policies. Montpellier. Francia. CIFOR ENV. Bogor. Indonesia

³ Texas Forest Service. College Station. Texas. USA

Resumen

Los bosques de pino en Honduras son uno de los principales capitales naturales y fuente de desarrollo de esta nación Centroamericana. Sin embargo, a través del tiempo estos bosques han estado sometidos a alteraciones ecológicas y pérdida de su extensión causada principalmente por los incendios forestales y en una menor proporción pero no menos significativa por el gorgojo descortezador *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera, Curculionidae). Según estudios conocidos en el sur de Estados Unidos y el planteamiento de las comunidades campesinas propietarias de gran parte de estos bosques en Honduras, existe una relación evidente de la respuesta de este insecto descortezador con las condiciones medioambientales. Considerando las relaciones entre el gorgojo descortezador y las condiciones medioambientales en un modelo lineal, se encontró que aumentos en la temperatura promedio, anomalías climáticas de meses calurosos y afectación anual por incendios forestales influyen sobre la ocurrencia y extensión de plagas del *D. frontalis*. Ante la poca información disponible y ningún estudio sobre las causas de las plagas del *D. frontalis* en Centroamérica, queda de manifiesto la importancia de este tipo de estudios para la toma de decisiones sobre el manejo de los bosques e ilustran un enfoque general que ayudaría a predecir los efectos que traería el cambio climático en los bosques de pino de Honduras.

Palabras clave: plagas forestales, bosques de pino, manejo forestal, anomalías climáticas.

Abstract

Climate change and outbreaks of Southern Pine Beetle *Dendroctonus frontalis* in Honduras

Pine forests, consisting primarily of *Pinus oocarpa* and *P. caribaea*, cover some 2.5 million hectares and are one of the principal natural resources and a significant foundation for development in Honduras. Historically, these forests have been subjected to ecological impacts and economic losses caused principally by wildfires and, to a lesser but no less significant extent, by the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera, Curculionidae). According to studies conducted in the United States and beliefs of rural Honduran landowners, a relationship exists between the activity of this insect pest and environmental conditions. To explore this relationship, we developed a model relating periodic southern pine beetle outbreaks and environmental conditions in Honduras. We found that increases in mean ambient temperatures in the month of June, reductions in mean monthly precipitation in June and July, and climatic anomalies in warm months that influence the annual frequency of wildfires were correlated with the occurrence and extent of southern pine beetle outbreaks since 1982. With the small amount of information available and lacking previous studies on the causes of bark beetle outbreaks in Central America, this study provides valuable information on the importance of forest management to address southern pine beetle outbreaks and illustrates a general approach that will help to predict the effects of climate change on pine forests of Honduras.

Key words: outbreaks, pine forests, forest management, climatic anomalies.

Introducción

Honduras cuenta con un área de vocación forestal de 9,8 millones de hectáreas, la cobertura forestal al-

canza 5,4 millones de hectáreas, de los cuales 2,5 millones corresponden a bosques de pino, localizados principalmente en la parte centro oriental y occidental del país (AFE-COHDEFOR, 2000). Estos bosques por mucho tiempo han estado sometidos a amenazas de diversos agentes destructivos como los huracanes, las sequías, los incendios forestales, las actividades

* Autor para la correspondencia: mrivera@corpoica.org.co
Recibido: 19-06-09; Aceptado: 11-12-09.

humanas y las plagas forestales entre otros (Billings *et al.*, 2004. FAO, 2005).

Se ha documentado varias plagas forestales de impacto económico para los pinares de la región, una de las más importantes es del gorgojo descortezador de los pinos *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). Este insecto es considerado la principal plaga de los pinares de Belice, Guatemala, Nicaragua, El Salvador y Honduras (CATIE, 1991; Billings *et al.*, 2004). En Honduras se ha registrado plagas importantes de esta especie en los períodos de 1962 a 1965, 1982 a 1984, 1987 a 1988 y 2001 (AFE-COHDEFOR, 2002), sin embargo, los registros más grandes de afectación se encuentran, según datos de AFE-COHDEFOR, en el año 2002 y 2005.

Durante el año 2001 se observó un incremento en la incidencia de insectos descortezadores de los bosques de pino desde el sur de México hasta el norte de Nicaragua. En Guatemala, por ejemplo, se reportaron para ese año más de 300.000 hectáreas destruidas y en Nicaragua había unas 30.000 hectáreas infestadas por esta plaga (Macías e Hilje, 2001; INAFOR, 2002). En el sur de los Estados Unidos, este insecto también registra ataques importantes que datan desde el año 1960, su mayor incidencia se documentó en los años 1973 y 1997 (Price *et al.*, 1998) y, más recientemente, entre 1999 y 2003 (Novak *et al.*, 2008).

Son varios factores los que podrían ayudar a explicar el desarrollo de brotes epidémicos. En diferentes investigaciones se ha tratado de relacionar los factores climáticos con el estrés de los árboles de pino y el cambio en la intensidad de los brotes; sin embargo, estos estudios quedaron sin conclusiones claras que pudieran permitir un entendimiento preciso en esta relación (McNulty *et al.*, 1998). Otros autores ligan al parecer la ocurrencia de brotes a factores como disturbios climáticos, características intrínsecas como la dinámica poblacional del insecto y la alta densidad de árboles en bosques no manejados (Ray y Hicks, 1980; Richard *et al.*, 2006).

En Centroamérica no se ha desarrollado un programa de investigación que permita entender la relación entre los factores que influyen en la ocurrencia de plagas del *D. frontalis* (Conversación personal con Alberto Sediles, entomólogo de la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua, Vicente Espino, entomólogo de AFE-COHDEFOR Honduras y Dr. Ronald Billings, entomólogo del Servicio Forestal de Texas USA). Los escasos estudios realizados se han centrado en descri-

bir las especies de gorgojos de los pinos (Thunes *et al.*, 2005), las técnicas de manejo de la plaga (Billings, 1982; Núñez, 2001; Billings *et al.*, 2004) y las áreas con mayor riesgo de ser atacadas por *Dendroctonus spp* basándose en áreas afectadas durante los años 2004 y 2005 (Rivera, 2005).

Considerando los aspectos del clima futuro para Centroamérica, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) estima que se proyecta una disminución paulatina de la precipitación durante la época de lluvias, particularmente en la región del pacífico (IPCC, 2001). Otro estudio sobre la evolución del clima en la región Centroamericana concluye que en los últimos 40 años no se ha observado una disminución significativa en la precipitación total promedio anual, no obstante, han aumentado los días en que llueve con mayor intensidad y el número de días secos por año, lo que sugiere un cambio en el régimen de lluvias (Aguilar *et al.*, 2005).

Entendiendo que el cambio del clima pasó de ser un mito y se ha convertido en una realidad ineludible, es necesario que dentro de la planificación del manejo forestal sostenible se considere los posibles efectos del cambio climático y se planteen estrategias de adaptación, aun cuando no se tenga un conocimiento claro y preciso de la vulnerabilidad a que están sometidos los bosques (Spittlehouse, 2005). El objetivo de esta investigación fue estimar los factores que influyen sobre la ocurrencia de ataques de *D. frontalis* en Honduras y estimar la evolución futura de los ataques bajo escenarios de cambio climático.

Material y métodos

Las áreas de bosque consideradas en este estudio son las que a través del tiempo han sido afectadas por ataque de *D. frontalis* en Honduras. Estos bosques están localizados en la parte centro oriental y occidental del país (Fig. 1), cubren una extensión de aproximadamente 2.5 millones de hectáreas y están compuestos según Ávila (2002) por las especies *Pinus caribaea* variedad hondurensis (Moralet), *P. oocarpa* (Schiede), *P. maximinoi* (H. E. Moore), *P. tecumumanii* (Schw.) (Eguiluz & Perry), *P. ayacahuite* (Ehr), *P. pseudostrobus* (Lindl). No se incluyó en este estudio los bosques localizados en la región denominada Gracias a Dios en la parte nororiental del país. En esta zona históricamente no se han registrado brotes del *D. frontalis*.

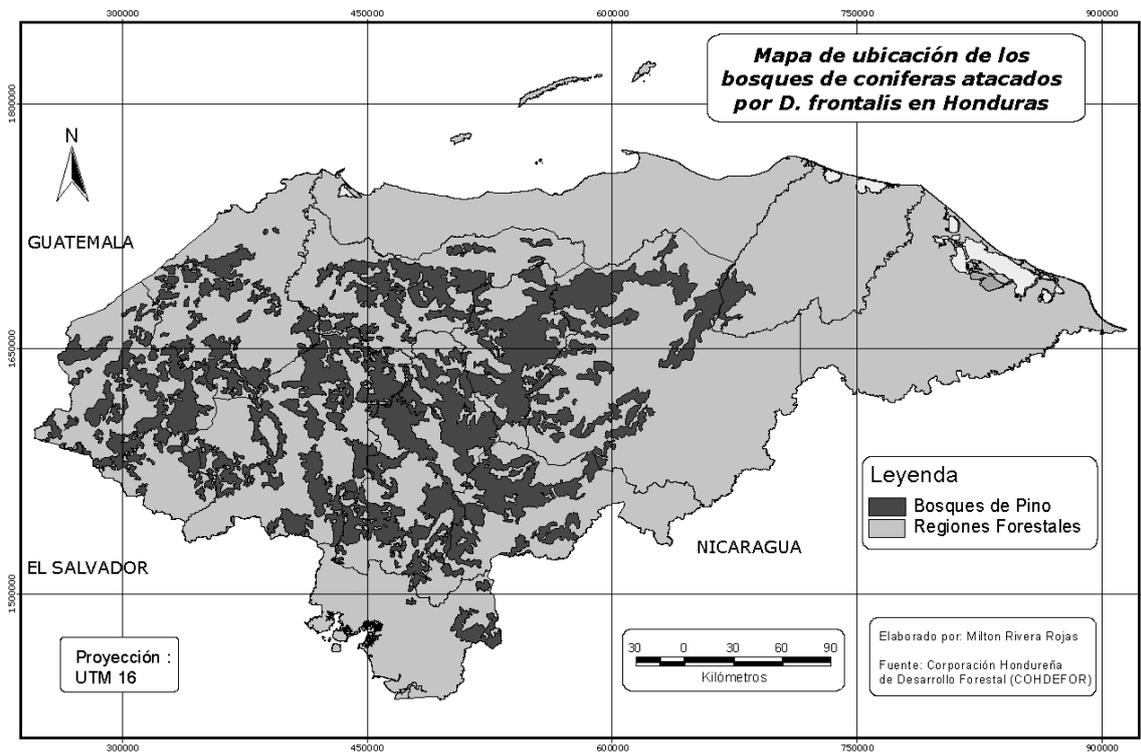


Figura 1. Áreas de bosque donde han ocurrido brotes epidémicos de *D. frontalis* durante el período 1982 a 2006.

La información sobre ataques de *D. frontalis* proviene de los registros oficiales de la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (AFE-COHDEFOR) durante el periodo 1982-2006. Esta serie de datos incluye el registro histórico de brotes de *D. frontalis*, área de bosque incendiada y área de bosque bajo manejo forestal.

Los registros históricos de precipitación y temperatura fueron suministrados por la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente de Honduras (SERNA). En la determinación del clima base se utilizaron solamente los registros históricos de las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de pinares históricamente afectados. Se promediaron los valores de temperatura y precipitación total anual, para la estación seca y la estación húmeda. Se determinó además una serie de anomalías e índices climáticos por año (por ejemplo combinaciones lineares de temperaturas mensuales) que posteriormente fueron incluidos en el análisis de correlación.

El escenario climático utilizado para la proyección de los brotes durante el período 2011- 2025 fue obtenido del programa PRECIS-CARIBE del instituto meteorológico de Cuba. PRECIS simula las condiciones climáticas futuras para la zona de Centroamérica y el

Caribe considerando las emisiones de gases de efecto invernadero bajo el escenario A2 planteado por el IPCC. Los datos suministrados por el programa son de una resolución de 50 kilómetros. Se aplicaron las anomalías obtenidas de PRECIS CARIBE sobre el clima base de los años 1961-1990 y se realizaron las proyecciones de todos los índices climáticos seleccionados para el período de 2011-2025.

Para el análisis de la información se conformó una matriz de variables con las variables que representan posibles factores explicativos de la ocurrencia de eventos epidémicos del *D. frontalis*; en esta caso, temperatura promedio anual, temperatura promedio por estación (seca y húmeda), precipitación promedio anual y por estación, ocurrencia de eventos climáticos extremos como El Niño y La Niña, anomalías climáticas como el número de meses secos, húmedos y calurosos por año, índices climáticos como las combinaciones lineares de temperaturas o precipitaciones mensuales, variables silviculturales como el área bajo manejo y área de bosque incendiada. Se realizó preliminarmente un análisis estadístico descriptivo que permitió conocer la tendencia histórica de las variables seleccionadas y explorar correlaciones entre áreas afectadas y áreas incendiadas. En este análisis se utilizó el pro-

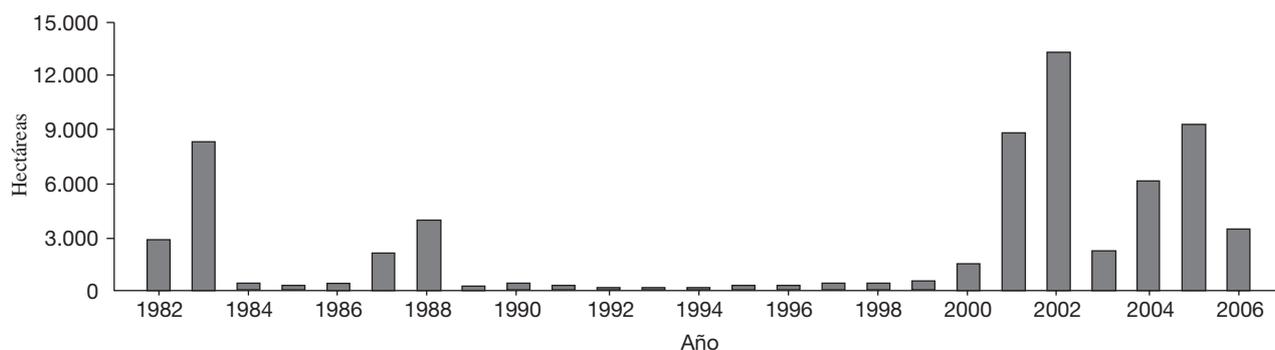


Figura 2. Área afectada por ataque de *D. frontalis* durante el período 1982-2006.

grama estadístico Infostat 2007. Luego se utilizó el programa Matlab para explorar de manera sistemática diferentes regresiones lineales entre el área afectada y los numerosos factores explicativos. Ese análisis permitió determinar la mejor correlación y los factores explicativos más importantes.

Resultados

Afectación histórica por plagas de *D. frontalis*

El área promedio afectada por año durante el período de análisis es de 2.760 hectáreas. Para el año 1982 se presentó un total de 8.500 hectáreas afectadas y en el año 1988 la afectación fue alrededor de 4.000 hectáreas. En la década de los 90, no se registra grandes afectaciones. En el año 2002 se presenta la mayor afectación con casi 14.000 hectáreas y en los últimos años (2003-2006) se presentan fluctuaciones en la afectación manteniéndose con niveles altos de ataque (Fig. 2).

Afectación histórica por incendios forestales

Los incendios forestales ha venido afectando desde 1982 alrededor de 9.000 hectáreas por año, sin embargo, dentro de la serie de tiempo se destaca lo ocurrido en el año 2005 con casi 90.000 hectáreas afectadas (Fig. 3).

Modelos

De acuerdo al análisis de correlación múltiple de las variables, se encontró que el área total afectada por brotes de *D. frontalis* está correlacionada positivamente con el total de área afectada por incendios forestales. Por lo tanto, se desarrolló primero un modelo lineal para relacionar las áreas incendiadas al clima. El modelo es el siguiente:

$$A_i = a + b \text{NMA}0_{1,75} + c \text{NMA}1_{1,75} + d \text{NMA}1_i$$

$$(R^2 = 0,84; p < 0,001)$$

donde A_i es el área afectada por incendios forestales, $\text{NMA}0_x$ es el número de meses calurosos durante el año (se considera un mes caluroso aquel cuyo índice de ano-

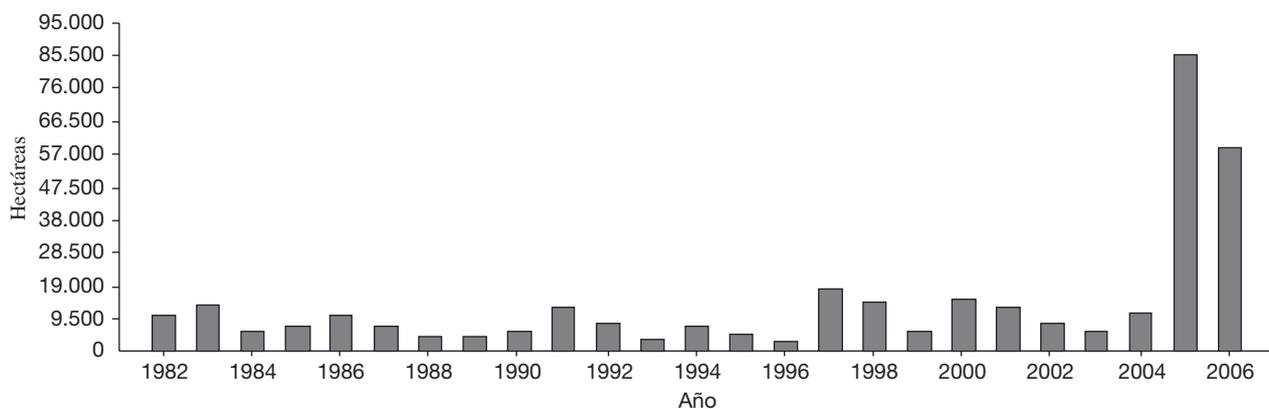


Figura 3. Área afectada por incendios forestales durante el período 1982-2006.

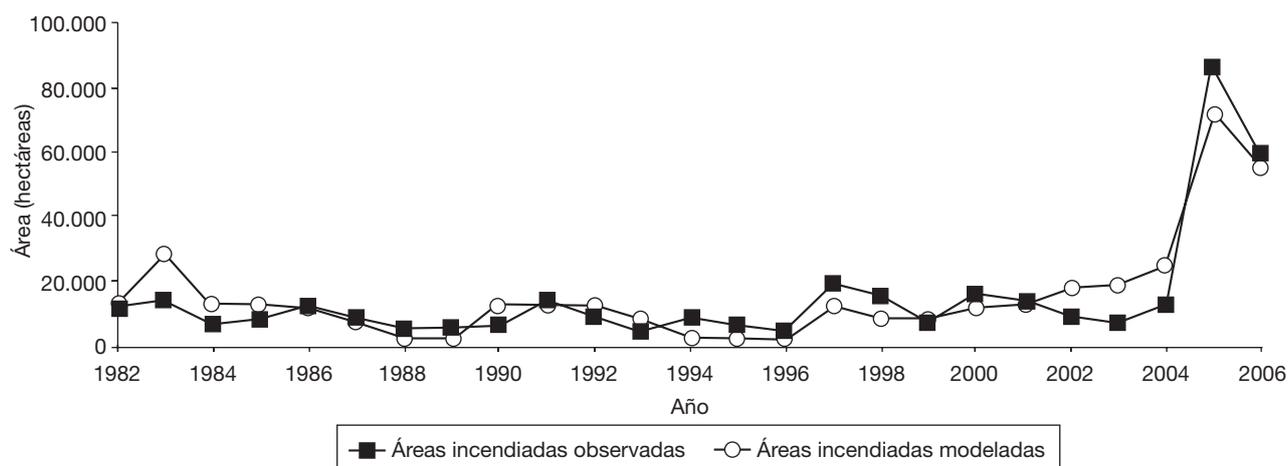


Figura 4. Áreas incendiadas observadas y modeladas para la zona de pinares de Honduras donde históricamente han ocurrido ataques de *D. frontalis*.

malía es superior a x , con el índice de anomalía definido como la diferencia entre la temperatura del mes y la temperatura promedio del mes para la serie de tiempo 1980-2006, dividida entre la desviación estándar de la serie), $NMA1_x$ es el número de meses calurosos durante el año anterior con la misma definición de los meses calurosos. Los valores de los parámetros son: $a = 12.600$ ($p < 0,001$), $b = 10.900$ ($p < 0,001$), $c = 10.400$ ($p < 0,001$), $d = -5.120$ ($p < 0,001$). La Figura 4 muestra las áreas incendiadas observadas y modeladas.

Para las áreas afectadas por ataque de *D. frontalis* se desarrolló el siguiente modelo tomando en cuenta las áreas incendiadas y variables climáticas:

$$AA = e + f A_i + g T_1 + h P_1$$

$$(R^2 = 0,46; p = 0,01)$$

donde AA es el área afectada por brotes de *Dendroctonus frontalis* (en hectáreas) durante un año, A_i es el área incendiada (en hectáreas) durante el año, T_1 es la temperatura media de junio del año corriente, P_1 es la precipitación media de junio y julio del año corriente. Los valores de los parámetros son: $e = -85.030$ ($p = 0,03$), $f = 0,140$ ($p < 0,01$), $g = 3.590$ ($p = 0,03$), $h = -35,8$ ($p = 0,05$). Las alteraciones climáticas relacionan de manera positiva la ocurrencia de picos de afectación de *D. frontalis* con temperatura promedio del mes de junio y, de manera negativa, con la precipitación promedio para el mismo periodo.

Aplicación de los modelos

Incorporando el total de área incendiada en la ecuación general de área afectada por plagas se tiene la pro-

yección de lo que sería el total de área afectada por ataque de *D. frontalis* bajo un escenario de cambio climático (Fig. 5). Según el modelo, el promedio anual de afectación para el período 2011-2025 sería de 6.500 hectáreas por año, promedio más alto que en el periodo 1982-2006 (2.000 hectáreas) o entre el año 2000 y 2006 (6.000 hectáreas).

Discusión

Se pudo reforzar la teoría sobre la influencia del clima en los eventos epidémicos del gorgojo descortezador y, en particular, la correlación entre la temperatura y la precipitación en un momento dado y el área afectada. De acuerdo con Billings *et al.* (2004) las áreas de bosque afectadas anualmente por incendios forestales son sometidas a niveles muy altos de estrés, generando un debilitamiento de los árboles generando en estos una menor resistencia al ataque del insecto descortezador. La correlación positiva encontrada entre el área de bosque incendiada y el área afectada por brotes muestra entonces otra de las formas como el clima de la zona estaría influenciado este fenómeno, pues se observa que la ocurrencia de incendios está directamente relacionada con los más secos y calurosos.

Considerando el plantemainto de Turchin *et al.* (1991) las correlaciones no evidencian una influencia directa de las condiciones climáticas con el crecimiento poblacional de los gorgojos descortezadores, sin embargo, las alteraciones climáticas podrían estar generando en el ecosistema forestal de pinos niveles

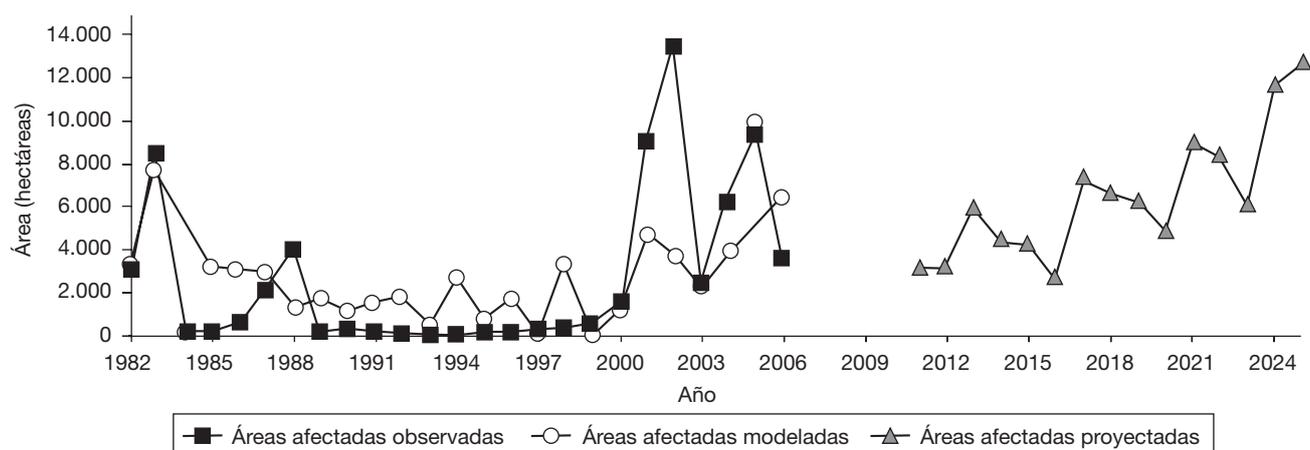


Figura 5. Área de bosque afectado observado, modelado y proyectado bajo un escenario de cambio climático.

alto de estrés, que al acentuarse después de la terminación de la época seca (noviembre-abril) causaría debilitamiento en la capacidad de resistencia que tendrían los árboles ante el ataque de *D. frontalis*.

Aun cuando quedan muchas preguntas por responder, el modelo muestra un aumento significativo en el promedio anual de afectación comparado con lo ocurrido entre el periodo 1982 a 2006. Teniendo en cuenta la dinámica en la ecología de los gorgojos descortezadores, es probable que los futuros ataques puedan alcanzar áreas que actualmente se encuentran aisladas por condiciones de microclima y que ante los cambios climáticos proyectados podrían ser impactadas por el desplazamiento altitudinal que adoptaría el *D. frontalis* como una medida de adaptación. Un desplazamiento latitudinal como medida de adaptación fue analizado por Carrol *et al.* (2003) para British Columbia en Canadá. Logan y Bentz (1999) y Ungerer *et al.* (1999) realizaron similar estudio para el Sur oriente de Estados Unidos llegando a similares conclusiones. En este caso, ante disturbios climáticos, el insecto estaría en condición de desplazarse latitudinalmente hacia el Norte para colonizar nuevas áreas históricamente aisladas de ataques.

Aceptando esta conclusión como una posibilidad real de ataque, en áreas con ubicación de mayor altitud se debería implementar prácticas silviculturales de prevención como son los raleos y sanidad de los bosques debilitados por fuegos tal como lo reseña Billings y Espino (2005).

El conocimiento preciso de las relaciones ecológicas que influyen en un evento epidémico del *D. frontalis* es la pauta para el diseño de medidas efectivas de adaptación. Considerando que hace falta estudios que

soporten la teoría de la influencia de las condiciones medioambientales en los brotes epidémico en Honduras, se recomienda diseñar y llevar a cabo un programa de investigación que permita el continuo ajuste de las estrategias a adoptar en el manejo de los bosques. Se sugiere para ello desarrollar el monitoreo espacio-temporal de brotes para registrar los meses del año en donde aparecen brotes y la ubicación de los ataques de *D. frontalis*. El diseño de la red de monitoreo, incluyendo trampas, debe basarse en la ecología de la especie y la experiencia de los técnicos en campo. La determinación de la relación entre incendios forestales, manejo forestal y plagas del gorgojo descortezador es también un tema importante que hay que considerar en futuros estudios. Finalmente, la evaluación de los impactos socioeconómicos de las actividades de prevención y control de la plaga sería un punto de partida para el ajuste continuo de las medidas de adaptación.

Agradecimientos

Este documento fue elaborado en el marco del Proyecto Bosques Tropicales y Adaptación al Cambio Climático (Trofcca). Trofcca recibe el apoyo financiero de la Comisión Europea mediante contrato No. EuropeAid/ENV/2004-81719. El contenido de este documento es responsabilidad de los autores y bajo ninguna circunstancia refleja la posición de la Unión Europea. Los autores expresan su agradecimiento al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, institución ejecutora del proyecto TroFCCA en Centroamérica, a la Corporación Hondureña de

Desarrollo Forestal (ahora conocido como el Instituto de Conservación Forestal) quienes concedieron los registros históricos de ataques de *D. frontalis*. Igualmente, se reconoce igual agradecimiento a la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente de Honduras (SERNA) por los registros climáticos.

Referencias

- AFE-COHDEFOR, 2000. Plan Nacional Forestal de las Áreas Protegidas y de la Vida Silvestre, 2002-2016. Tegucigalpa HH. 69 pp.
- AFE-COHDEFOR, 2002. Manejo integral de plagas y enfermedades forestales. Consultado el 01 de septiembre de 2007. En línea. http://www.cohdefor.hn/proteccion_forestal/
- AGUILAR E., PETERSON T., RAMÍREZ P., FRUTOS R., RETANA J., SOLERA M., SOLEY J., GONZÁLEZ I., ARAUJO R., SANTOS A., VALLE V., BRUNET M., AGUILAR L., ÁLVAREZ., BAUTISTA M., CASTAÑÓN C., HERRERA L., RUANO E., SINAY J., SÁNCHEZ E., HERNÁNDEZ G., OBED F., SALGADO J., VÁZQUEZ J., BACA M., GUTIÉRREZ M., CENTELLA C., ESPINOSA J., MARTÍNEZ D., OLMEDO B., OJEDA C., NÚÑEZ R., HAYLOCK M., BENAVIDES H., MAYORGA R., 2005. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and Northern South America, 1961-2003. *Journal of Geophysical Research* 110, 23-107.
- ÁVILA Z., 2002. Clave para la identificación de los pinos en Honduras. Programa Desarrollo Forestal ESNACIFOR. Siguatepeque, HN. 45 pp.
- BILLINGS R., 1982. Informe a la corporación hondureña de desarrollo forestal sobre la evaluación y recomendaciones de control de la plaga de *Dendroctonus* en los pinares de Honduras. Tegucigalpa. HN. 45 pp.
- BILLINGS R., CLARKE S.R., ESPINO J.V., CORDÓN B., MELÉNDEZ J., CAMPOS R., BAEZA G., 2004. Bark beetle outbreaks and fire: a devastating combination for Central America's pine forests. *Unasylva* 55, 15-21.
- BILLINGS R., ESPINO J.V., 2005. El gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus frontalis*): cómo reconocer, prevenir y controlar plagas. Servicio Forestal de Texas, Publ. 0605/15000. 19 pp.
- CARROLL A.L., TAYLOR S.W., RÉGNIÈRE J., SAFRANYIK L., 2003. Effects of climate change on range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia. In: *Mountain Pine Beetle Symposium: challenges and solutions*. Canadian Forest Service, Victoria, BC. pp. 223-232.
- CATIE, 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central: guía de campo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, CR. 185 pp.
- FAO, 2005. Forest and climate change working. Adaptation of forests ecosystems and the forest sector to climate change. Paper 2. Roma, Italia.
- GUMPERTZ M.L., WU C., PYE J.M., 2000. Logistic regression for southern pine beetle outbreaks with spatial and temporal autocorrelation. *Forest Science* 46(1), 95-107.
- IPCC, 2001. Tercer informe de evaluación: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Ginebra, Suiza. 101 pp.
- INAFOR, 2002. Acciones realizadas y efectos causados por el gorgojo descortezador (*Dendroctonus frontalis*, Zimm) en las áreas boscosas de coníferas del Departamento de Nueva Segovia. Informe de evaluación. Managua, NI. 43 pp.
- LOGAN J., BENTZ B., 1999. Model analysis of mountain pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) seasonality. *Environmental Entomology* 28(6), 924-925.
- MACIAS J., HILJE L., 2001. Manejo integrado de plagas: plagas forestales neotropicales. *Boletín Informativo CR* 61, 85-86.
- MCNULTY S.G., LORIO P.L., AYRES M.P., REEVE J.D., 1998. Predictions of southern pine beetle populations using a forest ecosystem model. In: *The productivity and sustainability of southern forest ecosystems in a changing environment*. Ecological Studies. New York 128(33), 617-634.
- NOVAK J., ASARO C., KLEPZIG K., BILLINGS R., 2008. The Southern pine beetle prevention initiative: working for healthier forests. *J of Forestry* 106(5), 261-267.
- NÚÑEZ D., 2001. Manejo integrado del gorgojo del pino *Dendroctonus frontalis*. Programa Regional Forestal para Centroamérica, Siguatepeque, HN. 37 pp.
- PRICE T.C., DOGGETT J.P., SMITH B., 1998. A history of southern pine beetle outbreaks in the southern United States. Tech Rep South For Insect Work, Group GA, For Comm, Macon GA. 71 pp.
- RAY R., HICKS J.R., 1980. Climatic, site, and stand factors. In: *The southern pine beetle* (Thatcher R.C., Searcy J.L., Coster J.E., Hertel G.D., eds). The southern pine beetle. Technical Bulletin 1631. USDA Forest Service, Science and Education Administration, Washington, DC. pp. 55-68.
- RIVERA K.L., 2005. Áreas vulnerables al ataque del *Dendroctonus* spp. basado en tres variables climáticas de Honduras. Tesis (Ing). ESNACIFOR, Siguatepeque, HN. 72 pp.
- SPITTLEHOUSE D., 2005. Integrating climate change adaptation into forest management. *The Forestry Chronicle* 81(5), 691-695.
- THUNES K., MIDTGAARD F., KIRKENDALL L., LEVERON O., ESPINO J.V., 2005. Los gorgojos del pino en Honduras: descripción de especies, asociaciones de hospederos y métodos de monitoreo y control. Tegucigalpa, HN. 35 pp.
- TURCHIN P., LORIO P.L., TAYLOR A.D., BILLINGS R., 1991. Why do populations of southern pine beetles (Coleoptera: Scolytidae) fluctuate? *Environmental Entomology* 20 (2), 401-409.
- UNGERER M., AYRES M., LOMBARDERO M., 1999. Climate and the northern distribution limits of *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Biogeography* 26, 1133-1145.