

ATLAS DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS DESCORTEZADORES DEL GÉNERO
Dendroctonus (Curculionidae: Scolytinae)
EN MÉXICO

ATLAS OF THE GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF BARK BEETLES OF THE GENUS
Dendroctonus (Curculionidae: Scolytinae)
IN MÉXICO

**ATLAS DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS
DESCORTEZADORES DEL GÉNERO
Dendroctonus (Curculionidae: Scolytinae)
EN MÉXICO**

**ATLAS OF THE GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF BARK
BEETLES OF THE GENUS
Dendroctonus (Curculionidae: Scolytinae)
IN MÉXICO**



Yolanda Salinas-Moreno, Carlos F. Vargas Mendoza, Gerardo Zúñiga,
Javier Víctor, Alan Ager & Jane L. Hayes



México, 2010



COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

Primera edición / First edition 2009

**DR © Instituto Politécnico Nacional
Prol. de Carpio esq. Plan de Ayala s/n
Casco de Sto. Tomás, Del. Miguel Hidalgo
C. P. 11340**

**DR © Comisión Nacional Forestal
Periférico Poniente # 5360
Col. San Juan de Ocotán
Zapopan, Jalisco, México
C. P. 45019**

Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor: 03-2008-071413361600-01.
Reserve Certificate awarded by the National Copyright Institute: 03-2008-071413361600-01.

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, la fotocopia o la grabación sin la previa autorización por escrito de los titulares de los derechos de esta edición.

All rights reserved. Reproduction in whole or part of this work by any means or process, including the reprographics and computer processing, photocopying or recording without the prior written authorization of the rights holders of this edition is prohibited.

A. Ager and J. L. Hayes are employees of the US Dept. of Agric., Forest Service, as such their contribution to this work is not subject to copyright protection in the US and is in the public domain.

Impreso en México / Printed in Mexico

Fotografías portada y páginas 15 y 47 de Javier Víctor Rosas.
Photographs on title page and pages 15 and 47 by Javier Víctor Rosas.

Fotografías de portada / Title page photographs:
Superior izquierda: *Dendroctonus frontalis* procedente de Sierra Gorda (Querétaro, México).
Upper left: *Dendroctonus frontalis* specimen from Sierra Gorda (Querétaro, México).

Inferior derecha: Galería de *Dendroctonus pseudotsugae* en tronco de *Pseudotsuga menziesii* (Chihuahua, México).
Lower right: Gallery of *Dendroctonus pseudotsugae* on its host *Pseudotsuga menziesii* (Chihuahua, México).

AUTORES / AUTHORS

YOLANDA SALINAS-MORENO

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN
Dpto. de Zoología
Prol. de Carpio y Plan de Ayala s/n, Casco
de Sto. Tomás, México, D. F., C. P. 11340.
E-mail: erfran_1960@hotmail.com

CARLOS F. VARGAS MENDOZA

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN
Dpto. de Zoología
Prol. de Carpio y Plan de Ayala s/n, Casco
de Sto. Tomás, México, D. F., C. P. 11340.
E-mail: carfvargas@yahoo.com

GERARDO ZÚÑIGA

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN
Dpto. de Zoología
Prol. de Carpio y Plan de Ayala s/n, Casco
de Sto. Tomás, México, D. F., C. P. 11340.
E-mail: capotezu@hotmail.com

JAVIER VÍCTOR

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN
Dpto. de Zoología
Prol. de Carpio y Plan de Ayala s/n, Casco
de Sto. Tomás, México, D. F., C. P. 11340.

ALAN A. AGER

USDA Forest Service, Pacific Northwest
Research Station
Western Wildlands Environmental Threat
Assessment Center
3160 NE 3rd Street, Prineville OR 97754.
E-mail: aager@fs.fed.us

JANE L. HAYES

USDA Forest Service
Pacific Northwest Research Station
Forestry and Range Sciences Laboratory
1401 Gekeler Lane, LaGrande, OR 97850.
E-mail: jlhayes@fs.fed.us

CONTENIDO
CONTENTS

PRESENTACIÓN / FOREWORD	9
PREFACIO / PREFACE	11
AGRADECIMIENTOS / ACKNOWLEDGEMENTS	15
I. INTRODUCCIÓN / INTRODUCTION	18
Importancia del género <i>Dendroctonus</i> en México Importance of the genus <i>Dendroctonus</i> in México	18
Distribución geográfica de <i>Dendroctonus</i> Geographic distribution of <i>Dendroctonus</i>	19
Distribución potencial Potential range	20
Índice de presión por descortezadores Bark Beetle Threat Index	21
II. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESPECIES DE <i>Dendroctonus</i> Erichson EN MÉXICO II. GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF <i>Dendroctonus</i> Erichson SPECIES IN MÉXICO	23
<i>Dendroctonus adjunctus</i>	25
<i>Dendroctonus approximatus</i>	27
<i>Dendroctonus brevicomis</i>	29
<i>Dendroctonus frontalis</i>	31
<i>Dendroctonus jeffreyi</i>	33
<i>Dendroctonus mexicanus</i>	35
<i>Dendroctonus parallelocollis</i>	38
<i>Dendroctonus ponderosae</i>	40
<i>Dendroctonus pseudotsugae barragani</i>	41
<i>Dendroctonus rhizophagus</i>	43
<i>Dendroctonus valens</i>	45
<i>Dendroctonus vitei</i>	47
III. TENDENCIAS GEOGRÁFICAS EN LA RIQUEZA DE ESPECIES III. GEOGRAPHIC TRENDS IN SPECIES RICHNESS	50
<i>Dendroctonus</i>	50
<i>Pinus</i>	51

IV. PRESIÓN POR <i>Dendroctonus</i> EN LOS BOSQUES DE PINO EN MÉXICO	55
IV. THREAT OF <i>Dendroctonus</i> INFESTATION IN MEXICAN PINE FORESTS	
Índice de presión sobre las especies de pino / Threat Index for pine species	56
Valores de IPD / IPD Values	60
V. LITERATURA CITADA / LITERATURE CITED	86
VI. ANEXOS / APPENDICES	88

Las especies de insectos descortezadores que habitan en forma natural en el bosque son elementos del ecosistema que cumplen una función primordial en el ciclo de los nutrientes y por tanto en la dinámica y permanencia de los bosques. Sin embargo, la mortalidad asociada con epizootias de las especies de insectos descortezadores que manifiestan un comportamiento agresivo, tiene repercusiones sociales para los habitantes del medio rural en México, por lo que desde este punto de vista las acciones gubernamentales buscan evitar daños extensivos por este grupo de insectos.

Dentro de las acciones gubernamentales para evitar la expansión de daños por insectos descortezadores destacan el monitoreo, el diagnóstico, el tratamiento fitosanitario y el manejo silvícola. Estas actividades a su vez requieren una continua retroalimentación con conocimiento científico desarrollado por investigadores del más alto nivel; motivo por el cual el apoyo gubernamental a la investigación debe ser de carácter prioritario.

La obra que ahora está en sus manos es producto de la investigación de destacados entomólogos quienes plasman el conocimiento actualizado sobre la distribución de los descortezadores del género *Dendroctonus*, así como los registros en donde estos insectos han ejercido mayor presión sobre los bosques de coníferas de México. Esta síntesis de conocimiento llega en un momento de la historia reciente en el que los insectos descortezadores están siendo indicadores altamente sensibles de presiones ambientales y demográficas sobre los árboles hospederos.

Tomando en cuenta que tanto las presiones ambientales como las demográficas pueden llegar a prevalecer por arriba de los rangos históricos, es

Bark beetle species living naturally in forests have, as elements of this ecosystem, a fundamental role in the nutrient cycle and therefore the continued existence and dynamics of forests. The mortality associated with outbreaks of aggressive species of bark beetles, however, has social implications for the inhabitants of rural areas in México; and for this reason government efforts seek to prevent extensive damage by this insect group.

Foremost among government measures to prevent the spread of damage by bark beetles are monitoring, evaluation, sanitation treatment and forest management. These activities require the continuous feedback of scientific knowledge obtained by advanced researchers, making research support an essential priority for governments.

The work you now hold in your hands is the product of the research of outstanding entomologists, who have updated our knowledge of the distribution of bark beetles of the genus *Dendroctonus* and provided records of the areas where major attacks by these insects have taken place in coniferous forests in México. This synthesis of knowledge comes at a time when bark beetles are extremely sensitive indicators of environmental and demographic conditions for host trees.

Taking into account that both these pressures may prevail above historic levels in the future, the damage caused by bark beetles might foreseeably increase in due proportion. The information given by the Bark Beetle Threat Index for pine species will therefore strengthen the decision-making process with regard to monitoring, evaluation, management and sanitation treatment.

previsible que las afectaciones por insectos descortezadores tiendan a incrementarse en proporción. Por lo tanto el conocimiento proporcionado acerca del índice de presión sobre las especies de pino permitirá fortalecer la toma de decisiones en materia de monitoreo, diagnóstico, manejo y tratamiento fitosanitario.

Este Atlas, desde luego representa una excelente fuente de información para los silvicultores en el que pueden encontrar elementos para la toma de decisiones en cuanto a la composición de especies que pueden optar por favorecer en las intervenciones silvícolas con fines a la protección contra el ataque de insectos descortezadores.

Sin duda que los retos en materia fitosanitaria forestal en el escenario global actual son un desafío para todas las personas que desde los diferentes ámbitos de aplicación, son o serán los responsables de la toma de decisiones. Este desafío comprende el acopio de información básica en campo, el registro de eventos inusitados y particulares; así como la interpretación científica de los fenómenos observados. La interpretación sobre la distribución de los descortezadores y sus impactos potenciales a nivel nacional, presentada en este Atlas no hubiera sido posible sin la existencia de los técnicos de campo que meticulosamente, por décadas, han registrado los eventos de ataques de descortezadores y tampoco hubiera sido posible sin la existencia de entomólogos responsables de las colecciones científicas. La labor que ellos realizan, que aparentemente pasa desapercibida, se revela como altamente reconocida con la publicación del presente Atlas.

This Atlas is an excellent information source for forestry experts, who will no doubt find elements for decision-making on the species composition they should favor to protect these areas from bark beetle attack.

In the current global situation, the problems that must be surmounted in the field of forestry are a challenge for all those who, from different standpoints of application, are or will be in charge of decision-making. This challenge includes the gathering of basic information in the field, the recording of specific and unusual events, and the scientific interpretation of observed occurrences. The interpretation of the distribution of bark beetles and their potential impact at the national level that is provided in this Atlas would have been impossible without the field technicians who have for decades painstakingly recorded bark beetle attacks and the entomologists in charge of scientific collections. Publishing this Atlas, highlights their work that otherwise may have gone unnoticed.

**DR. JAIME VILLA CASTILLO
GERENTE DE SANIDAD
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL**

Un atlas es una colección de mapas que indican la localización de las especies en una región geográfica específica. Este proporciona una idea clara y concisa del área de distribución de las especies. La elaboración de un atlas constituye un fin en sí mismo, sin embargo, su principal utilidad radica en que éste es el punto de partida para análisis posteriores de muy diversa índole, muchos de ellos encaminados hacia el manejo y conservación del patrimonio natural.

Con base en aproximadamente 2 000 registros de colecta del género *Dendroctonus* de los últimos cien años, este atlas actualiza las principales tendencias de la distribución geográfica de sus especies en México. Este conjunto de datos permiten realizar una reconstrucción confiable de la distribución geográfica de las especies de este género.

Los descortezadores del género *Dendroctonus* tienen un papel ecológico fundamental, ya que son uno de los principales factores de renovación y saneamiento natural de las comunidades forestales. No obstante, debido a que algunas especies presentan frecuentes fluctuaciones poblacionales, se les considera plagas de los bosques de pino las que ocasionan significativa mortalidad de árboles y pérdidas económicas importantes al sector forestal.

En este contexto, la distribución geográfica de estos descortezadores debe entenderse como un resultado de la asociación íntima que tienen con las especies de árboles que colonizan. Así, la denominación de plaga que se da a estos insectos, es una connotación antropocéntrica derivada de su impacto sobre las comunidades forestales en condiciones epidémicas.

Este atlas describe la distribución geográfica de los descortezadores del género *Dendroctonus*. Estas áreas no deben interpretarse como áreas de bosques infestados, ya que muchos de los registros provienen de colectas de poblaciones no epidémicas. Por ello, el propósito primario de este atlas es mostrar

An atlas is a set of maps showing the location of species within a given geographic area. It provides a clear, concise idea of the distribution of the species. Preparing an atlas is a goal in itself, though it is most useful as a starting point for subsequent analyses of diverse types. Many of these analyses are aimed at the management and conservation of the natural wealth of a country.

Based on approximately 2 000 collection records of the genus *Dendroctonus* made in the last hundred years, this Atlas updates the major trends in the geographic distribution of *Dendroctonus* species in México. This data set can be used to make a reliable reconstruction of the geographic distribution of the species of this genus.

Bark beetles of the genus *Dendroctonus* have a major ecological role. They are one of the leading agents in the natural regeneration and restoration of forest communities. Nonetheless, some species undergo extreme population fluctuations causing significant tree mortality and economic losses in the forestry sector. Thus, bark beetles are viewed as forest pests.

In this context, the geographic distribution of these bark beetles must be understood to result from their close association with the tree species they infest. Thus, the term “pest” applied to these insects has anthropocentric connotations derived from their impact on forest communities under epidemic conditions.

This Atlas describes the geographic distribution of bark beetles of the genus *Dendroctonus*. The distributions should not be construed as currently infested forest land; many records are from non-epidemic populations. The primary purpose of this Atlas is to show the current and potential distribution of each species of *Dendroctonus*, its altitudinal range, and the variety of hosts with which it is associated. Host type and altitude have traditionally been regarded as of prime importance in the identification of these beetles. However, recent studies and additional field

la distribución actual y potencial de cada especie de *Dendroctonus*, su intervalo de altitud y el espectro de huéspedes con los que se puede asociar. Estos dos últimos aspectos han sido tradicionalmente considerados de gran importancia para la identificación de estos descortezadores, sin embargo, estudios recientes y una mayor exploración en campo han permitido establecer que estos insectos son mucho más dinámicos en su distribución ecológica y geográfica. De tal forma, que es común que las especies de *Dendroctonus* sobrepongan sus áreas de distribución y hábitats (Zúñiga *et al.* 1995, Zúñiga *et al.* 1999, Salinas-Moreno *et al.* 2004, Moser *et al.* 2005).

Una segunda finalidad del atlas es sintetizar los patrones de distribución de las especies del género *Dendroctonus* y sus huéspedes a través de sus patrones de riqueza en el país. En este sentido, el atlas proporciona información relacionada con la identificación de centros de diversidad y la importancia relativa que poseen para estos insectos y sus huéspedes.

Finalmente, el atlas permite ubicar en el espacio geográfico aquellas regiones donde recurrentemente han sido colectados los descortezadores del género *Dendroctonus*. La continua colecta de los insectos sobre los pinos de una determinada región geográfica permite reconocer aquellas áreas forestales que han experimentado una mayor presión histórica por parte de estos descortezadores. Con el propósito de tener un panorama general de la interacción entre estos insectos y sus huéspedes en estas áreas, se desarrolla y presenta un índice de presión histórica para las 25 especies huésped en un mapa a nivel nacional.

El Índice de Presión por Descortezadores (IPD) documenta un proceso que ha operado en décadas pasadas, por lo que no debe interpretarse como un indicador de las zonas que en este momento están siendo afectadas, ya que las circunstancias bajo las cuales en algunas regiones se disparó una epidemia en determinado momento podrían no ser las actuales. Esta misma argumentación aplica para los mapas donde se muestran los valores del IPD para cada especie particular de pino.

Sin embargo, ciertamente las zonas con un alto IPD deberían ser monitoreadas constantemente, ya que presentan características del ambiente físico

research have established that these insects are much more dynamic in terms of their ecological and geographical distribution than previously thought. It is common to find that the distribution and habitat ranges of different *Dendroctonus* species overlap (Zúñiga *et al.* 1995, 1999, Salinas-Moreno *et al.* 2004, Moser *et al.* 2005).

A second objective of this Atlas is to summarize the distribution patterns of *Dendroctonus* species and their tree hosts by means of their patterns of richness in the country. The Atlas provides information regarding centers of diversity and their relative importance for these insects and their hosts.

Finally, the Atlas makes it possible to geographically pinpoint the regions of recurrent collection of beetles of the genus *Dendroctonus*. Continued collection of insects from host trees in a given geographic region permits the identification of forest areas that have historically sustained a higher threat of infestation from bark beetles. To provide an overview of the interactions between these insects and their hosts in these areas, a historical threat of infestation index was estimated and is shown for each of the 25 host species on a map at the national level.

The Bark Beetle Threat Index (BBTI) documents a process at work during past decades. It should not be construed as an indicator of currently affected zones, because the circumstances that triggered an epidemic at any given time in the past in a region may differ from present conditions. This same reasoning applies to the maps showing the BBTI scores for individual pine species.

Nevertheless, it is true that areas with high BBTI scores should be constantly monitored, because certain characteristics of the biota and physical environment favor the recurrent presence of these insects.

The ultimate purpose of this Atlas is to encourage the community of service providers, researchers, and technical workers in the forestry sector to continue to pursue the systematic organization of information regarding *Dendroctonus* around the country. It would be particularly valuable to identify the presence of *Dendroctonus* in localities which are not listed in this work, as well as to periodically add new records to this database. Distribution atlases should be subjected to constant modifications, expansions and reinterpretations. To remain useful, regular updating of the database on which they are based is needed.

y biótico favorables a la presencia recurrente de estos insectos.

Una última finalidad de este Atlas es invitar a la comunidad de investigadores, técnicos y prestadores de servicios en el sector forestal a iniciar la sistematización de la información sobre los diversos puntos del país en donde se ha registrado la presencia de *Dendroctonus* y que no han sido referidos en esta obra, así como incorporar periódicamente a esta base de datos aquellas localidades con nuevos registros. Los atlas de distribución han de estar sujetos a continuas modificaciones, ampliaciones y reinterpretaciones para que no pierdan validez, por lo que la actualización de la base de datos que lo sustenta deberá de ser continua.

El presente trabajo ha sido posible gracias al esfuerzo de muchos técnicos, investigadores y personal de diferentes instituciones quienes depositaron sus datos en colecciones científicas, informes y notas de campo. Gracias en lo particular a la Universidad Autónoma Chapingo, el Colegio de Posgraduados, el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Durango, Sanidad Vegetal- SEMARNAT, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-SAGARPA, la Comisión Nacional Forestal y la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, así como a todos los entomólogos y botánicos que nos facilitaron la consulta de sus bases de datos y auxiliaron en la verificación de las especies.

Un aspecto fundamental en el logro de los objetivos fue la colaboración de las estudiantes Gloriela Aldana Valdepeña y Erica A. García Nájera e investigadores del Laboratorio de Variación Biológica y Evolución de la ENCB-IPN, además del personal del Servicio Forestal de EUA con Western Wildland Environmental Threat Assessment Center, Prineville, Oregon, estación de Umatilla National Forest, Pendleton, Oregon, y Forestry and Range Sciences Laboratory, PNW, La Grande, Oregon, y Dana Simon quien ayudó en la elaboración de algunos mapas.

Finalmente agradecemos el financiamiento otorgado por la CONAFOR-CONACyT al Dr. Carlos F. Vargas Mendoza para la realización del proyecto CONAFOR 2002-CO1-5829. Así como la revisión crítica del documento de los doctores Jaime Villa Castillo, David Cibrián Tovar, Jorge Macías Sámano y Oscar J. Polaco.

Los resultados que a continuación se presentan son parte de los logros del proyecto

This work was possible through the endeavor of many technical, research and administrative staff members from different institutions, who entered their data in scientific collections, reports and field notes. Thanks are due, in particular, to the Universidad Autónoma Chapingo, the Colegio de Posgraduados, the Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, the Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, the Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Durango, Sanidad Vegetal-SEMARNAT, the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-SAGARPA, the Comisión Nacional Forestal, and the Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, as well as to all the entomologists and botanists who provided us access to their databases and assisted in the verification of species.

Fundamental to achieving our objectives was the cooperation of students Gloriela Aldana Valdepeña and Erica A. García Nájera and research workers at the Laboratorio de Variación Biológica y Evolución (ENCB-IPN), as well as US Forest Service staff with the Western Wildland Environmental Threat Assessment Center, Prineville, OR, the Umatilla National Forest, Pendleton, OR, and the Forestry and Range Sciences Laboratory, PNW, La Grande, OR, and Dana Simon assistant who helped edit some maps.

Finally, we are grateful for funds provided to Dr. Carlos F. Vargas Mendoza by CONAFOR-CONACyT to carry out Project CONAFOR 2002-CO1-5829. To Drs. Jaime Villa Castillo, David Cibrián Tovar, Jorge Macías Sámano and Oscar J. Polaco our thanks for their critical review of this text.

The results set forth in the following pages are a partial outcome of the project Geographic Analysis of Areas Infested by Bark Beetles of the Genus

“Análisis geográfico de las zonas atacadas por descortezadores del género *Dendroctonus* y determinación de las áreas potenciales de infestación en los bosques de México”.

Dendroctonus and Determination of Potential Infestation Areas in Mexican Forests.



Infestación por *Dendroctonus frontalis* en bosque de pino de la Sierra Gorda (Querétaro, México).

Dendroctonus frontalis outbreak in a pine forest of the Sierra Gorda (Querétaro, México).



Saneamiento de árboles por infestación por *Dendroctonus frontalis* en bosque de pino de la Sierra Gorda (Querétaro, México).

Felling of trees infested by *Dendroctonus frontalis* in a pine forest of the Sierra Gorda (Querétaro, México).



Troncos sin corteza de árboles derribados por infestación de *Dendroctonus frontalis* en bosque de pino de la Sierra Gorda (Querétaro, México), mostrando las galerías construidas por el escarabajo.

Trunks with bark removed from trees infested by *Dendroctonus frontalis* in a pine forest of the Sierra Gorda (Querétaro, México), showing the gallery systems constructed by the beetles.



Tronco de árbol derribado por infestación de *Dendroctonus frontalis* en bosque de pino de la Sierra Gorda (Querétaro, México), mostrando las galerías construidas por el escarabajo bajo la corteza.

Trunk from tree infested by *Dendroctonus frontalis* in a pine forest of the Sierra Gorda (Querétaro, México), showing the gallery systems constructed by the beetles under the bark.

I. INTRODUCCIÓN

IMPORTANCIA DEL GÉNERO *DENDROCTONUS* EN MÉXICO

Las especies del género *Dendroctonus* son un componente integral de los bosques de coníferas de México. No obstante, la fluctuación demográfica que exhiben las poblaciones de algunas de sus especies, las convierte en insectos importantes para los sectores forestal y de protección al ambiente. En conjunto con los incendios inducidos y la actividad humana son las principales causas del deterioro de los bosques templados de México (SEMARNAT 2005).

La acción de estos insectos en condiciones epidémicas impacta a la industria forestal, ya que afecta el valor comercial de la madera y en conjunto con los factores antes mencionados, disminuyen las superficies forestales. Además, afectan cualquier estrategia de manejo silvícola, ya que su control conlleva el derribo masivo de árboles. Por ello en las últimas décadas, por razones de conservación y sustentabilidad de los bosques se ha priorizado el estudio integral de estos insectos.

Las comunidades de coníferas en México tienen una presión constante por diversos factores como son la alteración de su estructura por la sustracción selectiva de ciertas especies, la tala excesiva, la conversión del uso del suelo con fines agrícolas, ganaderos y de asentamientos humanos y los incendios frecuentes. Estas acciones han provocado que la mayoría de los bosques manifiesten signos de debilitamiento, contracción y fragmentación; de tal manera, que son estas condiciones de estrés las que los hacen constantemente vulnerables al ataque por descortezadores (Challenger 1998, Sánchez *et al.* 2003). En otras palabras, el efecto de los descortezadores es más probable que llegue a una condición epidémica y elevada mortandad de árboles debido a que existen, en un momento dado, muchos individuos susceptibles de ser colonizados por sus condiciones de estrés.

De las especies de *Dendroctonus* presentes en México (*D. adjunctus*, *D. approximatus*, *D. brevicomis*, *D. frontalis*, *D. jeffreyi*, *D. mexicanus*, *D. parallelocollis*, *D. ponderosae*, *D. pseudotsugae*,

I. INTRODUCTION

IMPORTANCE OF THE GENUS *DENDROCTONUS* IN MÉXICO

Species of the genus *Dendroctonus* are an integral component of coniferous forests in Mexico. Nevertheless, the demographic changes exhibited by the populations of some of these species have made these insects important factors in the forestry and environmental protection sectors. Along with human activity and intentional fires, bark beetles are among the major causes of temperate forest degradation in México (SEMARNAT 2005).

The activity of these insects under outbreak conditions affects the forest industry by decreasing the commercial value of timber and reduces the extent of forested land areas. Bark beetles also affect forest management strategies because controlling them has historically required extensive logging. Therefore, in recent decades, for purposes of forest conservation and sustainability, priority has been given to the comprehensive study of these insects.

Coniferous communities in México are under constant threat from a variety of factors, including changes in their structure due to culling of certain species, extensive logging, changes in land use for agricultural, livestock and human settlement purposes, and frequent fires. Because of these activities, most forests show signs of decay in health and vitality, contraction, and fragmentation to such an extent that these stress conditions are precisely the reason for the constant vulnerability of Mexican forests to bark beetle attack (Challenger 1998, Sánchez *et al.* 2003). In other words, infestation by bark beetles is more likely to lead to an outbreak and extensive tree mortality because at any given time there are a large number of susceptible trees as a result of these stress conditions.

Of the species of *Dendroctonus* found in Mexico (*D. adjunctus*, *D. approximatus*, *D. brevicomis*, *D. frontalis*, *D. jeffreyi*, *D. mexicanus*, *D. parallelocollis*, *D. ponderosae*, *D. pseudotsugae*, *D. rhizophagus*, *D. valens* and *D. vitei*) (Salinas-Moreno *et al.* 2004) only *D. mexicanus*, *D. frontalis*, *D. rhizophagus* and *D. adjunctus* cause substantial infestations in Mexican pine forests (Cibrián *et al.*

D. rhizophagus, *D. valens* y *D. vitei*) (Salinas-Moreno *et al.* 2004), sólo *D. mexicanus*, *D. frontalis*, *D. rhizophagus* y *D. adjunctus* pueden tornarse en plagas importantes de los bosques de pino en México (Cibrián *et al.* 1995, SEMARNAT 2005). Por su comportamiento durante la colonización de sus huéspedes, estas últimas cuatro especies se denominan primarias y al resto de las especies listadas secundarias. Las especies primarias son aquellas que inician la colonización de árboles susceptibles y son capaces de vencer la resistencia del árbol, mientras que las especies secundarias son aquellas que arriban al huésped una vez que éste ha sido colonizado por algún descortezador primario y rara vez provocan la muerte de su huésped. En las últimas décadas, el número de registros de las especies primarias ha ido en aumento, ya sea en brotes aislados o cubriendo grandes extensiones (Cibrián *et al.* 1995, SEMARNAT 2005).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE *DENDROCTONUS*

Dendroctonus es un género de escarabajos de origen neártico (Zúñiga *et al.* 2002) que en América se extiende desde el Oeste de Canadá hasta Nicaragua (Wood 1982). En México se localiza en los principales sistemas montañosos, desde la Sierra de Baja California, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur, hasta la Sierra de Chiapas. A lo largo de su distribución sigue los ambientes templados y templado-fríos, por lo que las altitudes preferentes a las que se encuentran sus especies oscilan entre los 1 700 y 2 500 msnm. Sin embargo, es notable el amplio intervalo altitudinal que la mayoría de ellas ocupan (600 a cerca de 4 000 msnm) (Salinas-Moreno *et al.* 2004).

De las doce especies de *Dendroctonus* que se han registrado en México, seis presentan distribuciones geográficas amplias, es decir, se distribuyen en la mayoría de los sistemas montañosos (*D. adjunctus*, *D. approximatus*, *D. frontalis*, *D. mexicanus*, *D. parallellocollis* y *D. valens*), cinco presentan distribuciones restringidas (*D. brevicomis*, *D. jeffreyi*, *D. ponderosae*, *D. pseudotsugae* y *D. vitei*), y sólo una especie (*D. rhizophagus*) es endémica. Sobre sus límites de distribución, cuatro especies restringen su límite Sur al Norte del país en los estados de Baja California,

1995, SEMARNAT 2005). On the basis of their behavior during host infestation, these four species are referred to as primary species while all other species on the list are termed secondary. Primary species are those species that initiate the infestation of susceptible trees and that are able to overcome a tree's resistance. Secondary species reach the host after it has been attacked by a primary bark beetle species or other weakening agents and are seldom the cause of death of their host. In recent decades, the number of records of primary species populations has been rising, whether as isolated outbreaks or covering broad areas (Cibrián *et al.* 1995, SEMARNAT 2005).

GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF *DENDROCTONUS*

The genus *Dendroctonus*, comprised of beetles of Nearctic origin (Zúñiga *et al.* 2002), extends in the Americas from western Canada to Nicaragua (Wood 1982). In México, it is present in the major mountain systems, from the Sierra de Baja California, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Transverse Volcanic Belt and Sierra Madre del Sur to the Sierra de Chiapas. Throughout its range it inhabits temperate and temperate-to-cold environments, and the preferred elevations at which its species are found range from 1 700 to 2 500 masl. A remarkably broad elevation span, however, is inhabited by most of its species (600 to nearly 4 000 masl) (Salinas-Moreno *et al.* 2004).

Six of the 12 species of *Dendroctonus* recorded in México have a wide geographic distribution, i.e., they are found in most of the mountain systems (*D. adjunctus*, *D. approximatus*, *D. frontalis*, *D. mexicanus*, *D. parallellocollis* and *D. valens*); five have a limited distribution (*D. brevicomis*, *D. jeffreyi*, *D. ponderosae*, *D. pseudotsugae* and *D. vitei*); and only one (*D. rhizophagus*) is endemic. Northern México, within the states of Baja California, Durango and Coahuila, is the southernmost limit of four species that have more extensive ranges in the forests of western North America, while three species are present in both México and Central America (Salinas-Moreno *et al.* 2004). Extension of the northernmost limit of *D. mexicanus* to Arizona in the southern US has recently been reported (Moser *et al.* 2005).

Durango o Coahuila y tres especies comparten su distribución entre México y Centroamérica (Salinas-Moreno *et al.* 2004). Recientemente se documentó la ampliación del límite Norte de *D. mexicanus* hacia el Sur de EUA en el estado de Arizona (Moser *et al.* 2005).

Las especies de *Dendroctonus* en México colonizan exclusivamente especies de los géneros *Pinus* y *Pseudotsuga*, a diferencia de EUA y Canadá, donde los huéspedes habituales además de éstos dos, son también los géneros *Picea* y *Larix* (Wood 1982). Así, de las 42 especies de pinos reconocidas en México (*sensu* Farjon y Styles 1997) 25 son huéspedes de *Dendroctonus*. Sólo una especie, *D. pseudotsugae barragani* (Furniss 2001, Ruiz *et al.* 2009), coloniza a *Pseudotsuga menziesii*. El género *Dendroctonus* en México presenta polifagia sobre el género *Pinus*, aunque diversos factores ecológicos, químicos y geográficos determinan que algunas especies de pinos sean preferidas por determinadas especies de insectos (Salinas-Moreno *et al.* 2004).

La distribución de la riqueza de especies de *Dendroctonus* en México indica que la Sierra Madre Occidental es el sistema montañoso más importante. En particular los estados de Chihuahua y Durango albergan la mayor diversidad de estos descortezadores en el país. No obstante, la distribución de las especies huésped no coincide con esta tendencia geográfica del descortezador, pues el mayor porcentaje de especies de *Pinus* colonizadas por *Dendroctonus* se encuentra en la Faja Volcánica Transmexicana.

Como resultado de su amplia distribución geográfica, polifagia y tolerancia altitudinal, es común la simpatria geográfica entre varias de las especies de *Dendroctonus*, lo que da lugar a una coexistencia espacio-temporal entre ellas a lo largo de su distribución geográfica (Zúñiga *et al.* 1995, 1999).

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

La distribución geográfica de las especies de *Dendroctonus* en México ha sido abordada en general, ya que sólo se ha precisado el área geográfica que las especies ocupan basados en localidades o puntos de recolecta del país (Hendrichs 1977, Perusquía 1978, Gudiño 1985, Cibrián *et al.* 1995).

In México, species of the genus *Dendroctonus* exclusively infest species of the genera *Pinus* and *Pseudotsuga*, unlike in the US and Canada where the habitual hosts also include the genera *Picea* and *Larix* (Wood 1982). Twenty-five of the 42 species of pines recognized in México (*sensu* Farjon and Styles 1997) are hosts of *Dendroctonus*. Only one species, *D. pseudotsugae barragani* (Furniss 2001, Ruiz *et al.* 2009), infests *Pseudotsuga menziesii*. In México, the genus *Dendroctonus* is polyphagous on the genus *Pinus*, although diverse ecological, chemical and geographical factors determine the preference of particular beetle species for certain species of pines (Salinas-Moreno *et al.* 2004).

The pattern of species richness for the genus *Dendroctonus* in México shows that the Sierra Madre Occidental is the most important mountain system. In particular, the states of Chihuahua and Durango harbor the highest diversity of these beetles in the country. However, host species distribution does not coincide with the geographic trend of bark beetles, because the highest percentage of *Pinus* species infested by *Dendroctonus* is found in the Transverse Volcanic Belt.

As a result of their wide distribution, polyphagy, and wide altitudinal tolerance, geographic sympatry occurs frequently among various species of *Dendroctonus*, leading to spatial and temporal coexistence throughout the geographic range of these species (Zúñiga *et al.* 1995, 1999).

POTENTIAL RANGE

The geographic distribution of *Dendroctonus* species in México has been discussed in general terms. The geographic area inhabited by the species have been determined, based on localities or points of collection around the country (Hendrichs 1977, Perusquía 1978, Gudiño 1985, Cibrián *et al.* 1995).

However, it is now possible to estimate the potential range of a species with the use of predictive models (Busby 1991, Austin 2002, Guisan and Hofer 2003, Villaseñor and Téllez-Valdés 2004, Elith *et al.* 2006), and to determine the geographic distribution where species are found as well as the regions with the most suitable environmental conditions for them.

Sin embargo, en la actualidad es posible con base en modelos predictivos estimar la distribución potencial de una especie (Busby 1991, Austin 2002, Guisan y Hofer 2003, Villaseñor y Téllez-Valdés 2004, Elith *et al.* 2006), y determinar no sólo el área geográfica donde se localizan las especies sino también dónde se encuentran las condiciones ambientales más adecuadas para ellas.

Los mapas de la distribución geográfica potencial resultantes se presentan en categorías: excelente (entre 20-29 percentil), alta (10-20 percentil), media (5-10 percentil) y baja (2.5-5 percentil), las cuales representan el grado de afinidad que tienen las especies por los parámetros ambientales de las zonas. La afinidad representa la probabilidad de encontrar a la especie en un sitio, asumiendo un muestreo homogéneo y una distribución condicionada únicamente por los parámetros ambientales considerados en el modelo.

ÍNDICE DE PRESIÓN POR DESCORTEZADORES

La falta de información confiable no permite proponer y generar modelos de riesgo y predicción local para los descortezadores en los bosques mexicanos. No obstante, es factible a través de una estrategia biogeográfica localizar áreas en los bosques de pino que recurrentemente han sido ocupadas por las especies de *Dendroctonus*.

Por ello, a partir de colectas de insectos y pinos registrados en museos y herbarios (ver anexos 1 y 2) y con la ayuda de un Sistema de Información se construyó la distribución geográfica de las seis especies de descortezadores más ampliamente distribuidas en México (*D. mexicanus*, *D. frontalis*, *D. rhizophagus*, *D. adjunctus*, *D. approximatus* y *D. valens*) y la de sus 25 especies huésped (Salinas-Moreno *et al.* 2004). Se diseñó un Índice de Presión por Descortezadores (IPD) (Salinas-Moreno *et al.* en preparación) (ver anexo 3), el cual toma en cuenta la presencia de una o más especies de *Dendroctonus* y *Pinus* en cada sitio y pondera con un mayor peso a las especies de *Dendroctonus* más agresivas (*D. mexicanus*, *D. frontalis*, *D. rhizophagus* y *D. adjunctus*). La aplicación del IPD permite asignar valores a la superficie donde se distribuyen y coexisten los descortezadores y los pinos, de tal manera que es posible determinar la probabilidad de afectación (vulnerabilidad) que puede presentar

The resulting maps showing the potential geographic distribution have been ranked as follows: excellent (20-29 percentile), high (10-20 percentile), medium (5-10 percentile) and low (2.5-5 percentile). These ranks represent the degree of affinity of species with the environmental parameters of a region. Affinity means the probability that a species will be found at a given site, assuming uniform sampling and a distribution determined solely by the environmental parameters considered in the prediction model.

BARK BEETLE THREAT INDEX

Lack of reliable information makes it impossible to create local risk and prediction models for bark beetles in the forests of México. Nonetheless, a biogeographic strategy can be used to identify pine forest areas recurrently inhabited by *Dendroctonus* species.

Therefore, the geographic range of the six bark beetle species with the widest distribution in México (*D. mexicanus*, *D. frontalis*, *D. rhizophagus*, *D. adjunctus*, *D. approximatus* and *D. valens*) and their 25 host species (Salinas-Moreno *et al.* 2004) was constructed with the aid of a Geographic Information System (GIS) using as a starting point the insect and pine collections deposited in museums and herbariums (see Appendices 1 and 2). A Bark Beetle Threat Index (BBTI) was designed (Salinas-Moreno *et al.*, work in progress) (see Appendix 3). This index takes into account the presence of one or more species of *Dendroctonus* and *Pinus* in each locality and gives greater weight to the more aggressive species of *Dendroctonus* (*D. mexicanus*, *D. frontalis*, *D. rhizophagus* and *D. adjunctus*). The BBTI can be applied to obtain scores for areas where bark beetles and pines are found to coexist. Thus, the probability of infestation (i.e., vulnerability) of a site, area or region can be determined in terms of the presence of bark beetle species as well as of their most common or preferred hosts.

Integrating the information about the host as well as the bark beetle enables the identification of geographic areas, at local or regional level, where the highest probability of infestation exists in quantitative terms. The resulting Atlas displays overlap between the two genera (*Pinus* and *Dendroctonus*), localities where the more aggressive

un sitio, área o región en función de la presencia de las especies de descortezadores, así como la de sus huéspedes más comunes o preferentes.

La integración de la información tanto del huésped como del parásito permite reconocer aquellas áreas geográficas, a un nivel local o regional, con una mayor probabilidad de afectación. El atlas provee las áreas de simpatría entre los dos géneros (*Pinus* y *Dendroctonus*), los sitios de coexistencia de las especies más agresivas de descortezadores, las regiones con mayor vulnerabilidad al ataque y una medida cuantitativa de la presión que podrían ejercer estos insectos.

bark beetle species coexist, the areas most vulnerable to attack, and provides a quantitative measure of the potential threat of these insects.

II. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESPECIES DE *DENDROCTONUS* EN MÉXICO

Las áreas de distribución son consideradas en general como espacios geográficos que delimitan la superficie en donde se ha registrado una especie y existe la mayor probabilidad de que esté presente. Sin embargo, las áreas no dejan de ser simplificaciones de una interacción más compleja de los organismos con su entorno (Lomolino *et al.* 2006). En este contexto, los límites y su continuidad deben ser tomados con reserva ya que son características cambiantes en el tiempo. Los mapas presentados a continuación sobre la distribución de los descortezadores y sus especies huésped se construyeron a partir de las densidades de kernel en ArcGis 9.0 y las distribuciones potenciales mediante BIOCLIM (Busby 1986), utilizando como plataforma de operación a DIVA-GIS Ver. 4.

En este atlas empleamos como guía para referirnos a las distribuciones tanto las divisiones estatales como los principales sistemas montañosos del país, estos corresponden de Norte a Sur a la Sierra de Baja California (SBC), la Sierra Madre Occidental (SMOC), la Sierra Madre Oriental (SMOR), la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), la Sierra Madre del Sur (SMS) y la Sierra de Chiapas (SCH) (Fig. 1).

Las especies y subespecies reconocidas en México para *Dendroctonus* siguen el criterio de Wood (1982) y Furniss (2001) y para los pinos el de Farjon y Styles (1997).

II. GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF *DENDROCTONUS* SPECIES IN MÉXICO

Ranges of distribution are usually regarded as geographic spaces marking the boundaries of an area where a species has been recorded and where there is a high probability that it will be present. However, ranges are simplifications of much more complex interactions between organisms and their environment (Lomolino *et al.* 2006). Their boundaries and continuity must be viewed with some reservation because they are features that change with time. The following maps of distribution of the bark beetles and their host species were drawn up using kernel densities in ArcGis 9.0 as well as potential ranges based on BIOCLIM data (Busby 1986) with DIVA-GIS v. 4 as a working platform.

To describe distribution ranges, this Atlas makes reference to both state boundaries and the major mountain systems in México. The latter include, north to south, the Sierra de Baja California (SBC), Sierra Madre Occidental (SMOC), Sierra Madre Oriental (SMOR), Transverse Volcanic Belt (FVT), Sierra Madre del Sur (SMS) and Sierra de Chiapas (SCH) (Fig. 1).

Names of species and subspecies of *Dendroctonus* recognized in México follow the criteria established by Wood (1982) and Furniss (2001). Those of pines are given according to Farjon and Styles (1997).

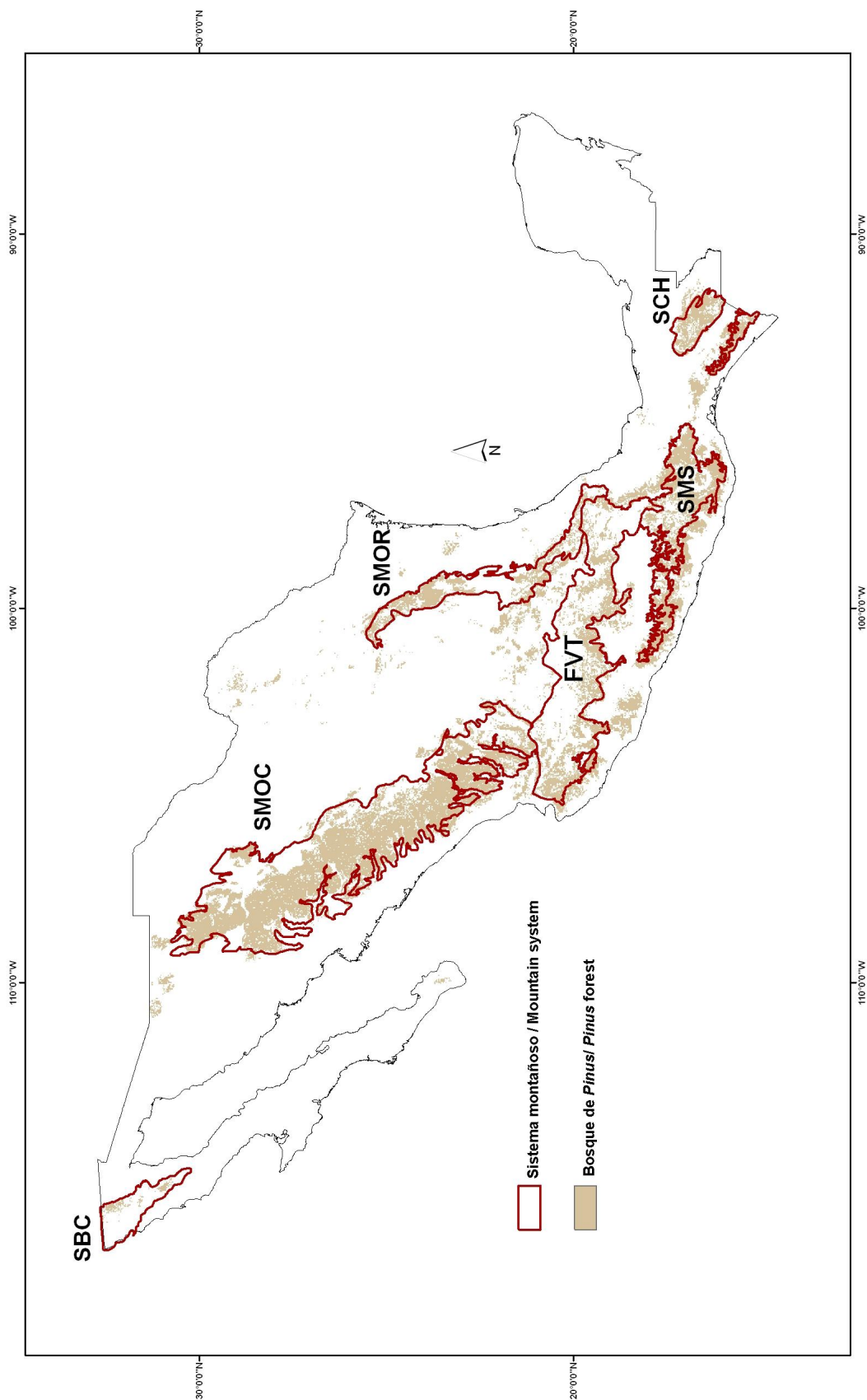


Fig. 1. Distribución de los sistemas montañosos en México y de las especies de pinos huésped.

Fig. 1. Mountain systems in México and distribution of host pine species.

DENDROCTONUS ADJUNCTUS* BLANDFORD, 1897*NOMBRE COMÚN: DESCORTEZADOR DE LAS ALTURAS****COMMON NAME: ROUNDHEADED PINE BEETLE**

DISTRIBUCIÓN GENERAL

La distribución de *Dendroctonus adjunctus* se extiende del suroeste de los Estados Unidos hasta Nicaragua (Wood 1982).

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Estados: Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas.

El descortezador de las alturas se distribuye en todos los sistemas montañosos, excepto la SBC. La distribución de la especie no es continua, las áreas más extensas y continuas, aunque con una baja frecuencia de registros de colecta, se localizan en la SMOC en los estados de Chihuahua y Durango y las más fragmentadas en el centro del país. En el resto del territorio sus áreas se presentan de manera dispersa.

Las epidemias de esta especie en bosques de pino han sido comunes por arriba de los 2 800 msnm en la FVT, Oaxaca y Chihuahua.

Altitud: La distribución altitudinal de *Dendroctonus adjunctus* señala que la especie se encuentra entre los 1 300 y 3 940 m, con un intervalo preferente entre los 2 500 y 3 000 m.

Huéspedes: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. leiophylla*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pinceana*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*. El mayor porcentaje de incidencias (58%) se presenta en *P. hartwegii*.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Las condiciones bioclimáticas del país indican que las zonas más favorables para esta especie se localizan en la porción Oeste de la FVT en los estados de Jalisco y Michoacán y en el centro, especialmente en el Estado de México. Una probabilidad alta también se tiene en el estado de Durango en la SMOC y en áreas aisladas de las sierras del Norte de Oaxaca.

GENERAL DISTRIBUTION

The distribution range of *Dendroctonus adjunctus* extends from the southwestern US to Nicaragua (Wood 1982).

DISTRIBUTION IN MÉXICO

States: Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Federal District, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, State of México, Tlaxcala, Veracruz and Zacatecas.

The roundheaded pine beetle is found in all major mountain systems, except the SBC. This species does not have a continuous range of distribution. The most extensive and continuous areas, although with a small number of records, are in the SMOC within the states of Chihuahua and Durango, while more fragmented areas are located in central México. In the rest of the country, it has a spotty distribution.

Outbreaks of this species in pine forests are common above 2 800 m above sea level in the FVT and in Oaxaca and Chihuahua.

Elevation: The altitudinal range of *Dendroctonus adjunctus* extends from 1 300 to 3 940 m; its preferred span is 2 500 to 3 000 m.

Hosts: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. leiophylla*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pinceana*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus* and *P. teocote*. The highest percent occurrence (58%) was observed in *P. hartwegii*.

POTENTIAL RANGE

Bioclimatic conditions indicate that the most favorable areas for this species are in the western part of the FVT in Jalisco and Michoacán, and in the central part of the country, particularly the State of México. Additional high probability areas are found in the SMOC within the state of Durango and in scattered areas of the mountains in northern Oaxaca.

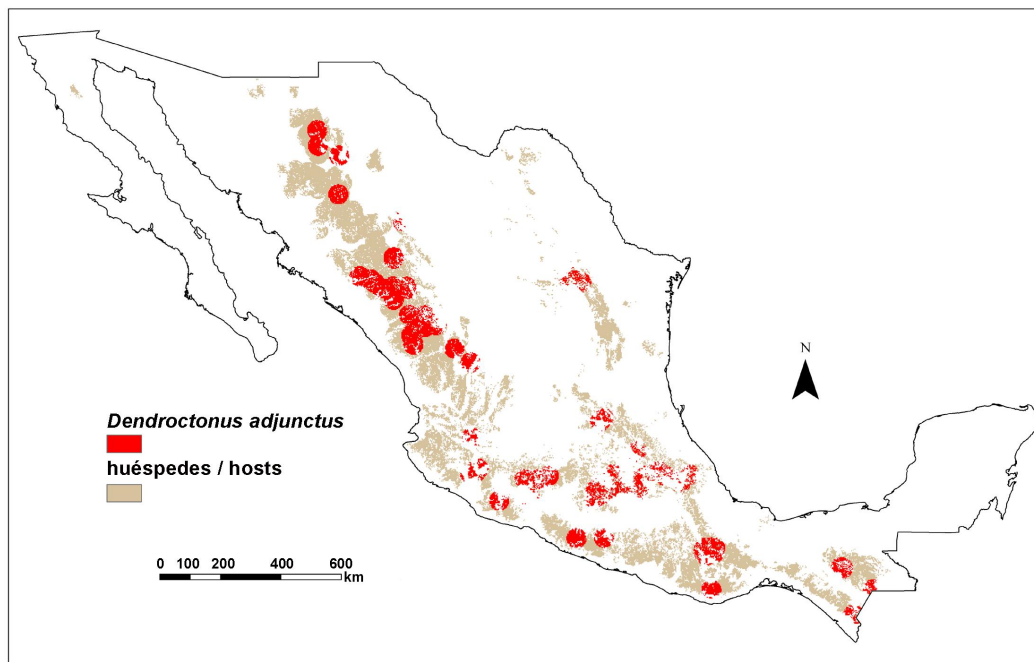


Fig. 2. Distribución geográfica de *Dendroctonus adjunctus* y sus especies huésped en México basada en colectas del último siglo.

Fig. 2. Geographic distribution of *Dendroctonus adjunctus* and its host species in México based on collections during the last hundred years.

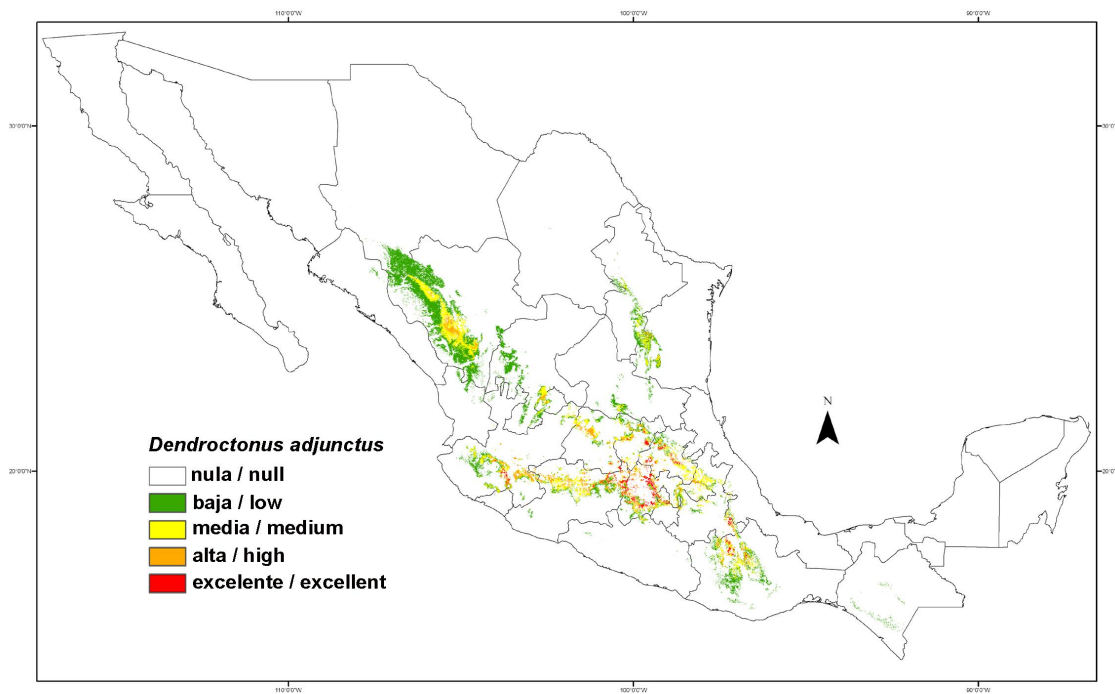


Fig. 3. Distribución geográfica potencial de *Dendroctonus adjunctus* en México a partir de BIOCLIM.

Fig. 3. Potential geographic distribution of *Dendroctonus adjunctus* in México based on BIOCLIM data.

DENDROCTONUS APPROXIMATUS* DIETZ, 1890*NOMBRE COMÚN: SIN NOMBRE****COMMON NAME: LARGER MEXICAN PINE BEETLE**

DISTRIBUCIÓN GENERAL

Dendroctonus approximatus se localiza desde el suroeste de los Estados Unidos hasta Honduras (Wood 1982).

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Estados: Baja California, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro y Zacatecas.

Esta especie se ha reportado en todos los sistemas montañosos del país. Su distribución comprende áreas grandes en la SMOC en los estados de Chihuahua y Durango, en donde presenta una elevada frecuencia de registros. En la FVT su distribución ocupa casi tres cuartas partes de su extensión, no así en la parte Norte y Sur de la SMOC, SMS y SCH en donde se presenta en núcleos aislados. A pesar de tener una distribución geográfica amplia, ésta es una especie secundaria que por sí sola no daña árboles sanos.

Altitud: Sus límites de distribución se encuentran entre los 1 600 y 3 200 m, con un intervalo preferente entre los 2 000 y 2 500 m.

Huéspedes: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. devoniana*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. jeffreyi*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*, *P. strobiformis* y *P. teocote*. El mayor porcentaje de incidencias (19% y 17% respectivamente) se presenta en *P. durangensis* y *P. leiophylla*.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Las regiones con mejores condiciones climáticas para esta especie se localizan en la SMOC, particularmente en el estado de Durango y en la región centro y occidente de la FVT.

GENERAL DISTRIBUTION

Dendroctonus approximatus is found from the southwestern US to Honduras (Wood 1982).

DISTRIBUTION IN MÉXICO

States: Baja California, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, the State of México and Zacatecas.

This species has been reported from all mountain systems in the country. Its range includes vast areas of the SMOC in the states of Chihuahua and Durango, where records of this species are numerous. In the FVT, its distribution extends to nearly 75% of the area of this mountain range, while in the northern and southern sections of the SMOC, the SMS and SCH this species is present at scattered sites. Despite its wide geographic distribution, it is a secondary species that does not by itself cause harm to healthy trees.

Elevation: Its distribution is limited to between 1 600 and 3 200 m, the preferred span being 2 000 to 2 500 m.

Hosts: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. devoniana*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. jeffreyi*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*, *P. strobiformis* and *P. teocote*. The highest percent occurrences (19% and 17%) were found in *P. durangensis* and *P. leiophylla*, respectively.

POTENTIAL RANGE

The regions with the most favorable climatic conditions for this species are in the SMOC, particularly in the state of Durango, and in the central and western portions of the FVT.

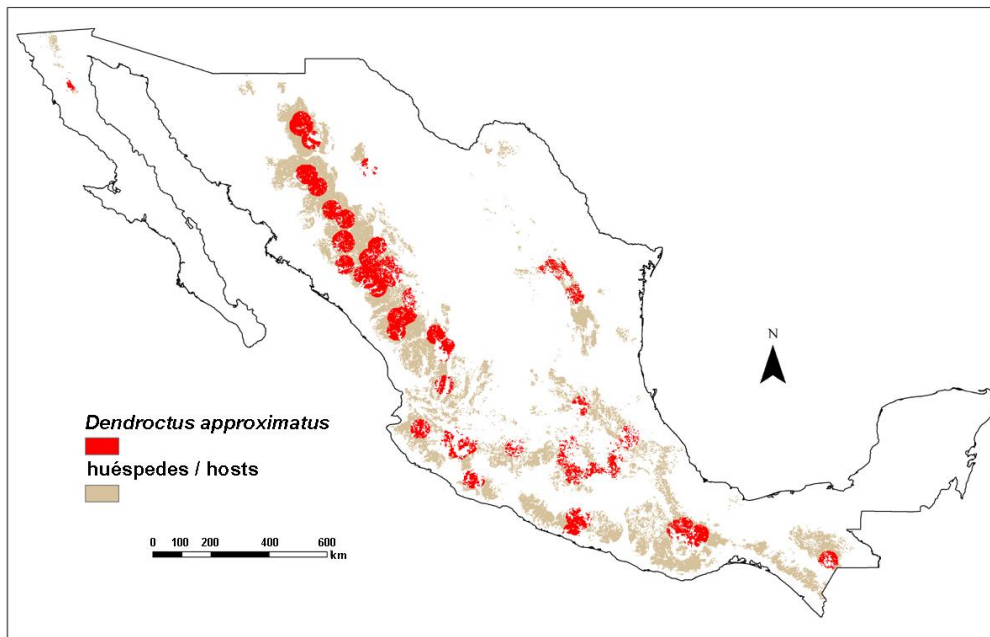


Fig. 4. Distribución geográfica de *Dendroctonus approximatus* y sus especies huésped en México basada en colectas del último siglo.

Fig. 4. Geographic distribution of *Dendroctonus approximatus* and its host species in México based on collections during the last hundred years.

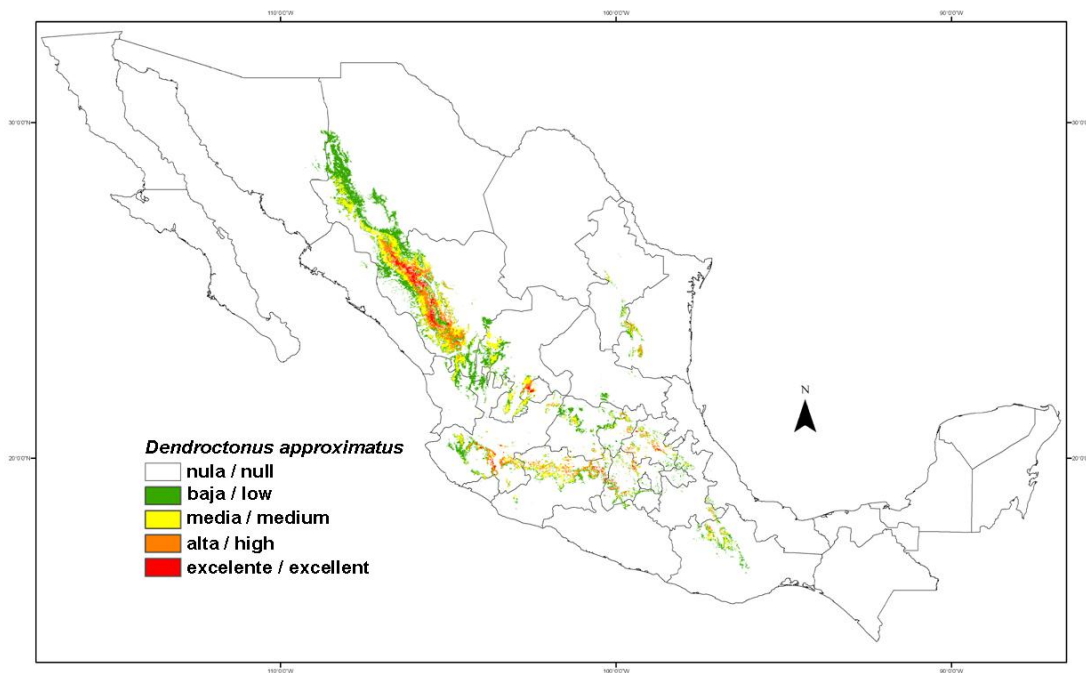


Fig. 5. Distribución geográfica potencial de *Dendroctonus approximatus* en México a partir de BIOCLIM.

Fig. 5. Potential geographic distribution of *Dendroctonus approximatus* in México based on BIOCLIM data.

DENDROCTONUS BREVICOMIS* LeConte, 1876*NOMBRE COMÚN: SIN NOMBRE****COMMON NAME: WESTERN PINE BEETLE**

DISTRIBUCIÓN GENERAL

Esta especie se distribuye desde el Oeste de Canadá hasta la parte Norte de México (Wood 1982).

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Estados: Chihuahua, Durango y Nuevo León.

Son pocos los registros que se tienen para *Dendroctonus brevicomis* y la mayoría de ellos se localizan al Norte del país, lo que hace suponer que sus poblaciones son escasas y dispersas.

En México no se han registrado epidemias causadas por ésta especie, sin embargo, en los Estados Unidos de Norteamérica es considerada una especie primaria.

Altitud: Los límites de distribución altitudinal indican que esta especie puede encontrarse entre los 1 680 y 3 300 m, con un intervalo preferente entre los 2 000 y 2 500 m.

Huéspedes: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. leiophylla* y *P. teocote*. El mayor porcentaje de incidencias (31% en cada una) se presenta en *P. durangensis* y *P. engelmannii*.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Las áreas más propicias para la presencia de esta especie son pequeños manchones al Norte de Chihuahua y zonas boscosas contiguas que se extienden hasta el Norte de Durango sobre la SMOC.

GENERAL DISTRIBUTION

This species is found from western Canada to northern México (Wood 1982).

DISTRIBUTION IN MÉXICO

States: Chihuahua, Durango and Nuevo León.

Few records exist of *Dendroctonus brevicomis* and most of these are for northern areas of the country, suggesting its populations are few and scattered. No outbreaks caused by this species have occurred in México; however, in the US it is considered a primary species.

Elevation: The altitudinal range of this species is between 1 680 and 3 300 m; its preferred span is 2 000 to 2 500 m.

Hosts: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. leiophylla* and *P. teocote*. The highest percent occurrences were observed in *P. durangensis* and *P. engelmannii* (31% in each).

POTENTIAL RANGE

The most favorable areas for the presence of this species are scattered patches in northern Chihuahua and adjacent forest areas in the SMOC extending to northern Durango.

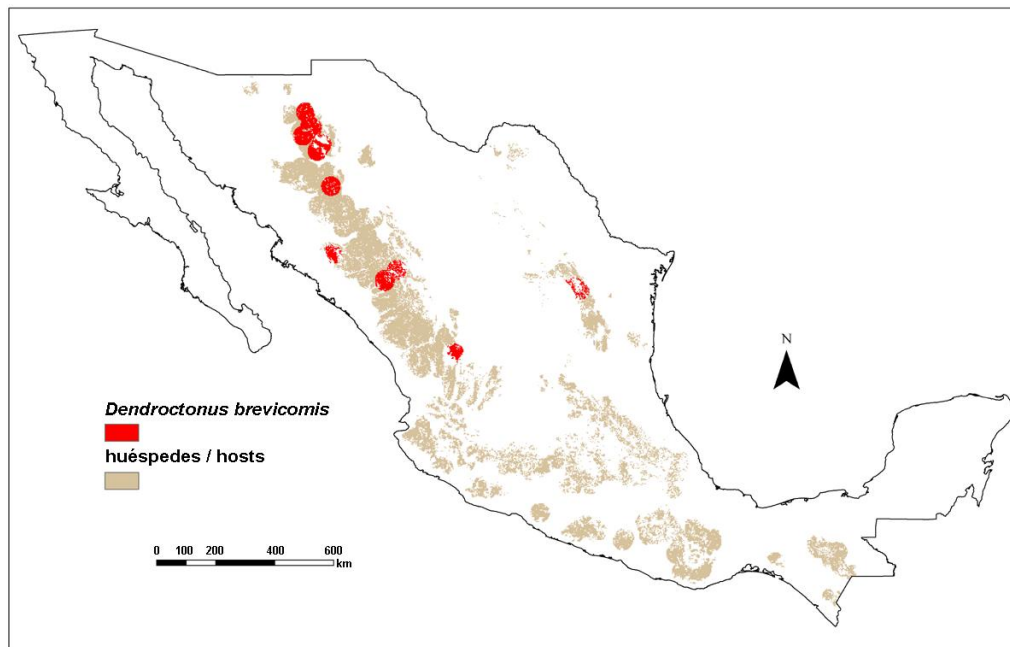


Fig. 6. Distribución geográfica de *Dendroctonus brevicomis* y sus especies huésped en México basada en colectas del último siglo.

Fig. 6. Geographic distribution of *Dendroctonus brevicomis* and its host species in México based on collections during the last hundred years.

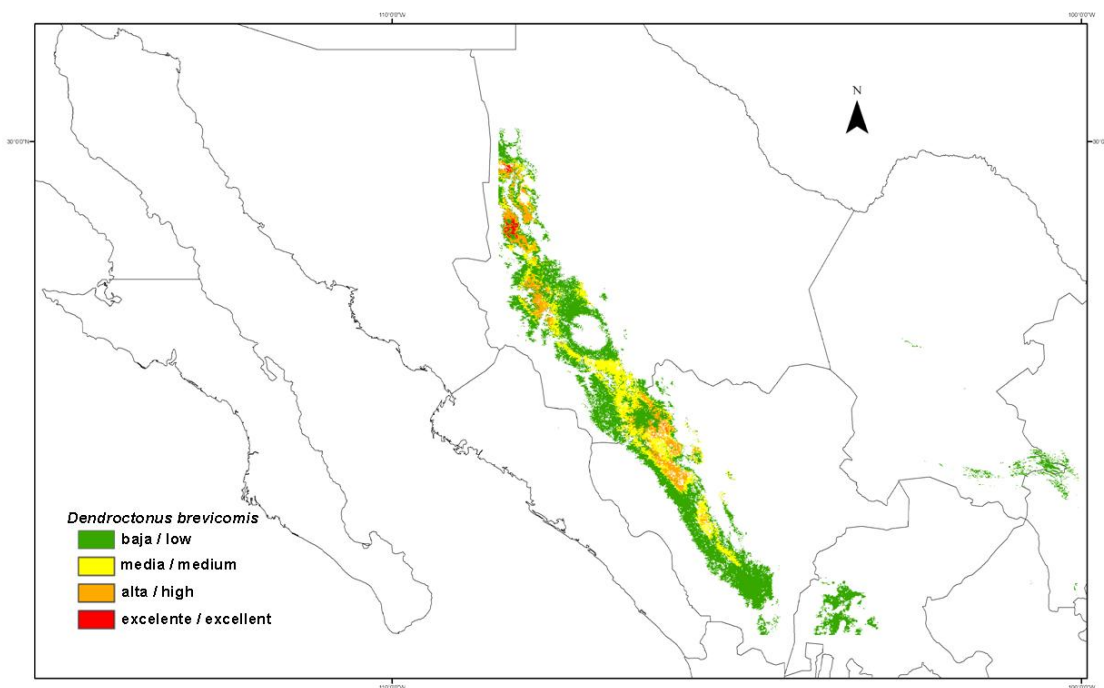


Fig. 7. Distribución geográfica potencial de *Dendroctonus brevicomis* en México a partir de BIOCLIM.

Fig. 7. Potential geographic distribution of *Dendroctonus brevicomis* in México based on BIOCLIM data.

DENDROCTONUS FRONTALIS* ZIMMERMANN, 1868*NOMBRE COMÚN: DESCORTEZADOR SURIANO DE LOS PINOS****COMMON NAME: SOUTHERN PINE BEETLE**

DISTRIBUCIÓN GENERAL

Esta especie se distribuye desde el sureste y suroeste de Estados Unidos hasta Honduras (Wood 1982).

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Estados: Chiapas, Guerrero, Hidalgo, México, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí.

Dendroctonus frontalis se ha reportado en varios sistemas montañosos del Noreste, centro, Sur y Sureste del país, es frecuente en áreas en el Norte de la SMOR, la SMS y la SCH en donde otras especies tienen distribuciones restringidas. *D. frontalis* se considera una especie primaria que constantemente provoca epizootias importantes en bosques localizados en la FVT, SMS y SCH.

Altitud: Su distribución altitudinal se encuentra entre los 600 y 3 200 m, con un intervalo preferente entre los 1 500 y 2 000 m.

Huéspedes: *Pinus devoniana*, *P. douglasiana*, *P. greggii*, *P. lawsonii*, *P. leiophylla*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*. El mayor porcentaje de incidencias (41%) se presenta en *P. oocarpa*.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

A pesar de la amplia distribución de esta especie, las condiciones climáticas más favorables se localizan en el centro de la FVT, las zonas forestales del estado de Oaxaca en la SMS y en la SCH.

GENERAL DISTRIBUTION

This species is found from the southeastern and southwestern US to Honduras (Wood 1982).

DISTRIBUTION IN MÉXICO

States: Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí and the State of México.

Dendroctonus frontalis has been reported to occur in various mountain systems in northeast, central, south and southeastern México. It is common in Northern areas of the SMOR, the SMS and SCH, where other species have limited distributions. *D. frontalis* is a primary species which recurrently causes major outbreaks in forests of the FVT, SMS and SCH.

Elevation: Its altitudinal distribution ranges from 600 to 3 200 m; its preferred span is 1 500 to 2 000 m.

Hosts: *Pinus devoniana*, *P. douglasiana*, *P. greggii*, *P. lawsonii*, *P. leiophylla*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus* and *P. teocote*. The highest percent occurrence (41%) was found in *P. oocarpa*.

POTENTIAL RANGE

Despite its wide distribution, the most favorable climatic conditions for this species are found in the central portion of the FVT, forest areas in the SMS in the state of Oaxaca, and the SCH.

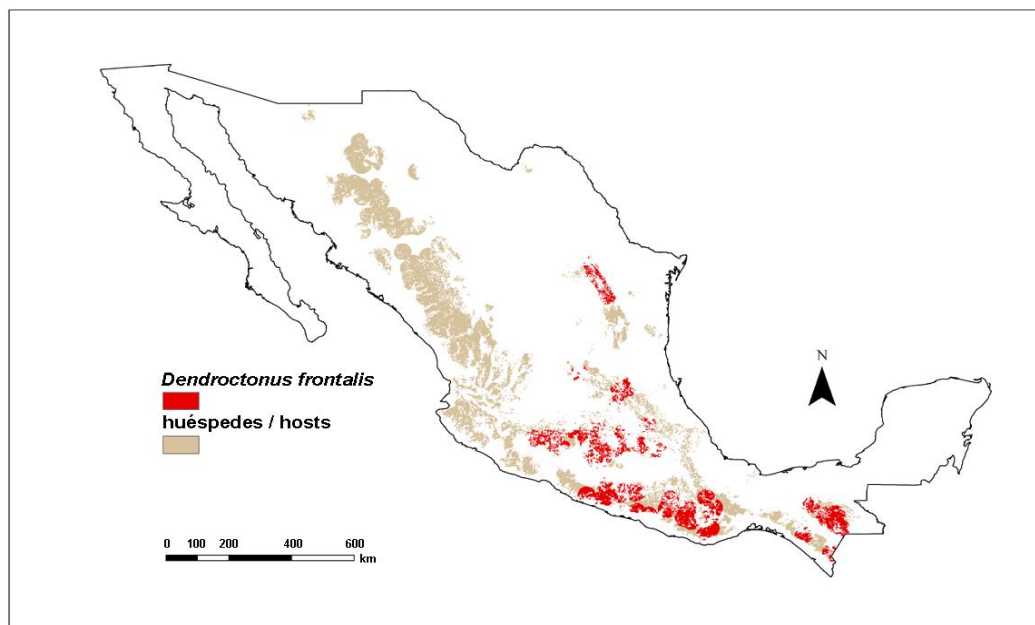


Fig. 8. Distribución geográfica de *Dendroctonus frontalis* y sus especies huésped en México basada en colectas del último siglo.

Fig. 8. Geographic distribution of *Dendroctonus frontalis* and its host species in México based on collections during the last hundred years.

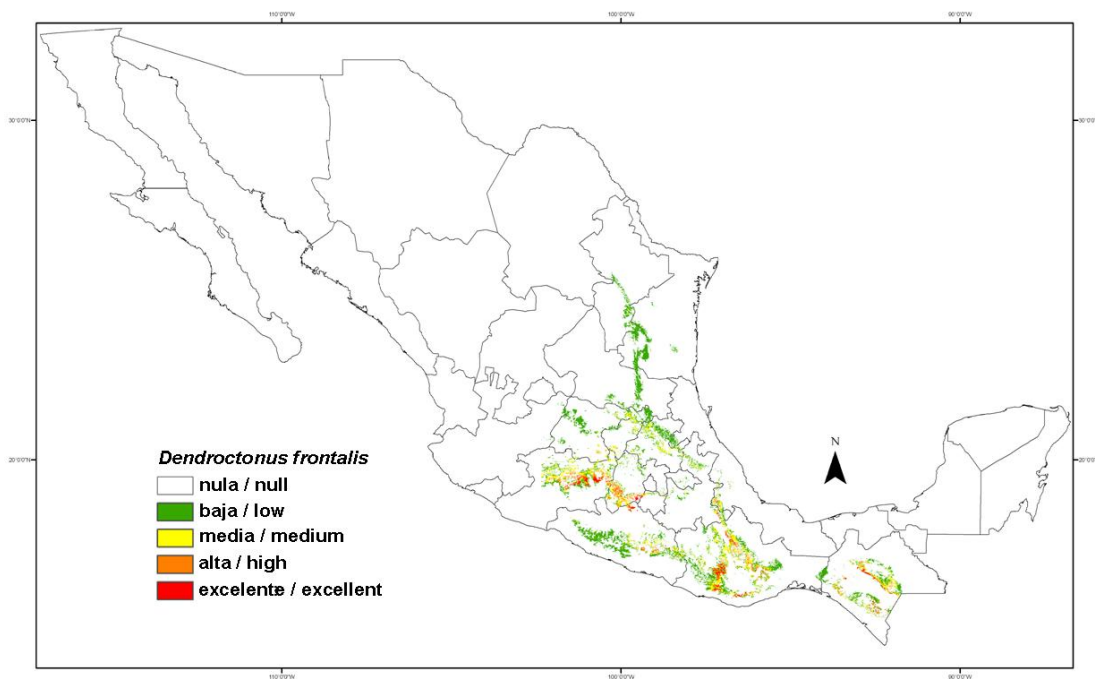


Fig. 9. Distribución geográfica potencial de *Dendroctonus frontalis* en México a partir de BIOCLIM.

Fig. 9. Potential geographic distribution of *Dendroctonus frontalis* in México based on BIOCLIM data.

DENDROCTONUS JEFFREYI* HOPKINS, 1909*NOMBRE COMÚN: ESCARABAJO DEL PINO JEFFREY****COMMON NAME: JEFFREY PINE BEETLE**

DISTRIBUCIÓN GENERAL

Dendroctonus jeffreyi es una especie de distribución restringida, se localiza en la parte Oeste de los Estados Unidos a partir del Sur de Oregon y llega hasta el Norte de Baja California (Wood 1982).

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Estados: Baja California.

La distribución de ésta especie en México es de las más restringidas, ya que únicamente se ha registrado en las sierras de Juárez y San Pedro Mártir en Baja California.

Altitud: Los límites de su distribución altitudinal se encuentran entre los 1 500 y 2 480 m, con un intervalo preferente entre los 2 000 y 2 480 m.

Huésped: Es una especie que sólo se ha registrado sobre árboles de la especie *Pinus jeffreyi*.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Los pocos registros que se tienen de *Dendroctonus jeffreyi* en México ratifican que sólo bosques aislados en las sierras de Baja California presentan condiciones bioclimáticas propicias para esta especie.

GENERAL DISTRIBUTION

Dendroctonus jeffreyi has a limited distribution. It is found in the western US from southern Oregon to northern Baja California (Wood 1982).

DISTRIBUTION IN MÉXICO

States: Baja California.

This species has one of the most limited distributions in México. It is confined to the Juárez and San Pedro Mártir mountains in Baja California.

Elevation: Its altitudinal distribution is limited to between 1 500 and 2 480 m; its preferred span is 2 000 to 2 480 m.

Host: This species has been recorded only on trees of the species *Pinus jeffreyi*.

POTENTIAL RANGE

The scarcity of records of *Dendroctonus jeffreyi* in México confirms that favorable bioclimatic conditions for this species are present only in scattered forests of the mountains of Baja California.

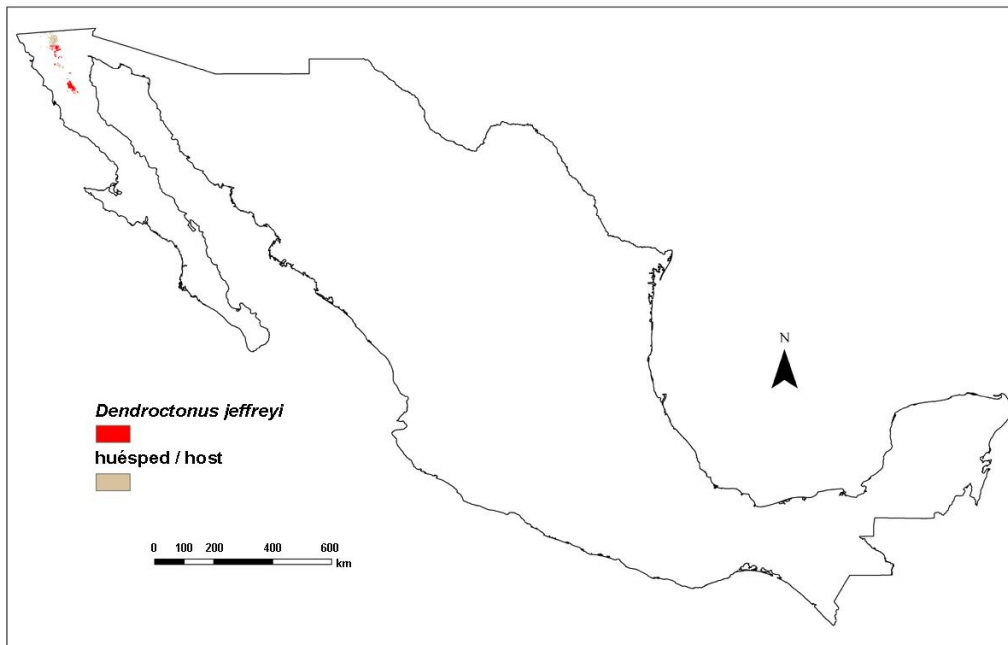


Fig. 10. Distribución geográfica de *Dendroctonus jeffreyi* y su especie huésped en México basada en colectas del último siglo.

Fig. 10. Geographic distribution of *Dendroctonus jeffreyi* and its host species in México based on collections during the last hundred years.

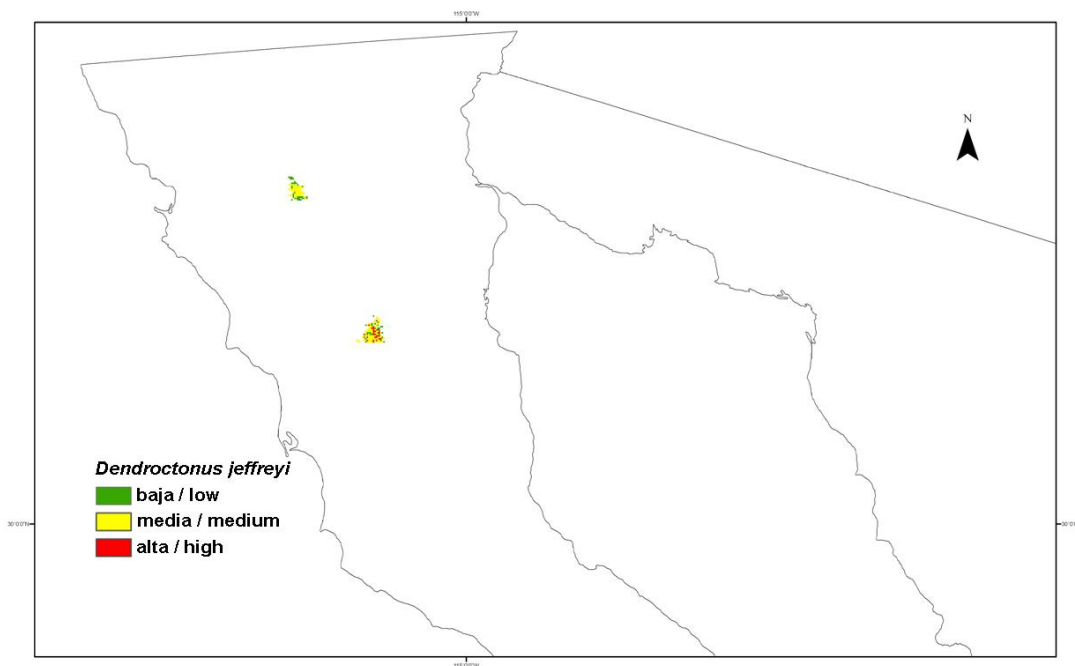


Fig. 11. Distribución geográfica potencial de *Dendroctonus jeffreyi* en México a partir de BIOCLIM.

Fig. 11. Potential geographic distribution of *Dendroctonus jeffreyi* in México based on BIOCLIM data.

DENDROCTONUS MEXICANUS* HOPKINS, 1905*NOMBRE COMÚN: DESCORTEZADOR MEXICANO, DESCORTEZADOR MENOR****COMMON NAME: SMALLER MEXICAN PINE BEETLE**

DISTRIBUCIÓN GENERAL

La distribución geográfica de esta especie se extiende desde el Norte de México hasta Honduras (Wood 1982). Recientemente fue registrada en el Sur de los Estados Unidos (Moser *et al.* 2005).

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Estados: Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas.

Dendroctonus mexicanus es la especie con la más amplia distribución en los bosques de México; sin embargo, los registros de colecta indican que es más común en el centro de México a lo largo de la FVT.

De las cuatro especies primarias de *Dendroctonus* en México es la que tiene mayor amplitud en su valencia ecológica, como lo indican su amplio intervalo de altitud y el espectro de huéspedes sobre los cuales se desarrollan sus poblaciones. Es común encontrarlo coexistiendo con otras especies como *D. frontalis* y *D. adjunctus* en el centro y Sur del país.

Altitud: Los límites altitudinales de ésta especie se ubican entre los 800 y 3 650 m, con un intervalo preferente entre los 2 000 y 2 500 m.

Huéspedes: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. devoniana*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. greggii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. lawsonii*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pinceana*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*. El mayor porcentaje de incidencias (38%) se presenta en *P. leiophylla*.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Las regiones más extensas que reúnen las mejores características climáticas se ubican en el centro y el occidente de la FVT entre el Estado de

GENERAL DISTRIBUTION

The geographic range of this species extends from Northern México to Honduras (Wood 1982). It has recently been recorded in the southwestern US (Moser *et al.* 2005).

DISTRIBUTION IN MÉXICO

States: Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, the Federal District, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, the State of México, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz and Zacatecas.

Dendroctonus mexicanus is the most widely distributed species in Mexican forests. Nevertheless, collection records indicate that it is most common in central México, along the FVT.

It has the widest ecological variation among the four primary species of *Dendroctonus* in México, as shown by its broad altitude span and the broad spectrum of hosts upon which its populations grow. It is often found coexisting with other species, such as *D. frontalis* and *D. adjunctus*, in central and southern parts of the country.

Elevation: The altitudinal distribution of this species ranges from 800 to 3 650 m, its preferred span being 2 000 to 2 500 m.

Hosts: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. devoniana*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. greggii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. lawsonii*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pinceana*, *P. pseudostrobus* and *P. teocote*. The highest percent occurrence (38%) was found in *P. leiophylla*.

POTENTIAL RANGE

The most extensive regions with the best climatic conditions for this species are in the central and western portions of the FVT, between the State of México and Jalisco, as well as in that part of the SMOG within the state of Durango. Other favorable regions, though smaller in extent, exist in the mountains of northern Oaxaca and the eastern half

México y Jalisco, así como en la porción de la SMOC que corresponde al estado de Durango. Regiones también favorables, pero de menor tamaño, se localizan en las sierras del Norte de Oaxaca y la porción Este de la FVT y en la intersección de la parte Sur de la SMOR y la FVT, en los estados de Querétaro, Tlaxcala y Puebla.

of the FVT, and where the southern section of the SMOR meets the FVT in the states of Querétaro, Tlaxcala and Puebla.

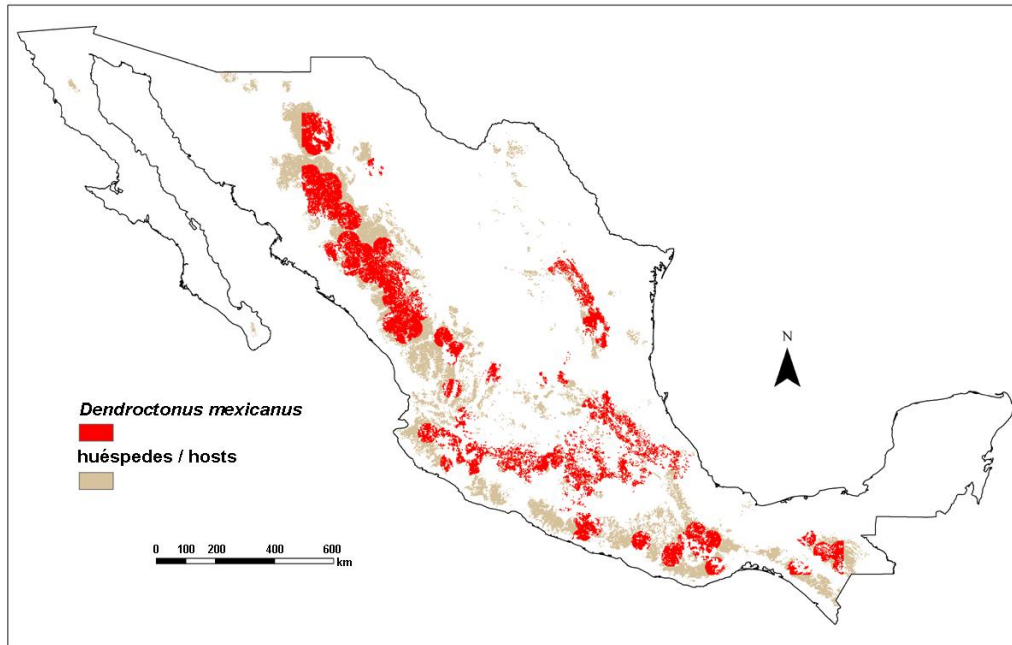


Fig. 12. Distribución geográfica de *Dendroctonus mexicanus* y sus especies huésped en México basada en colectas del último siglo.

Fig. 12. Geographic distribution of *Dendroctonus mexicanus* and its host species in México based on collections during the last hundred years.

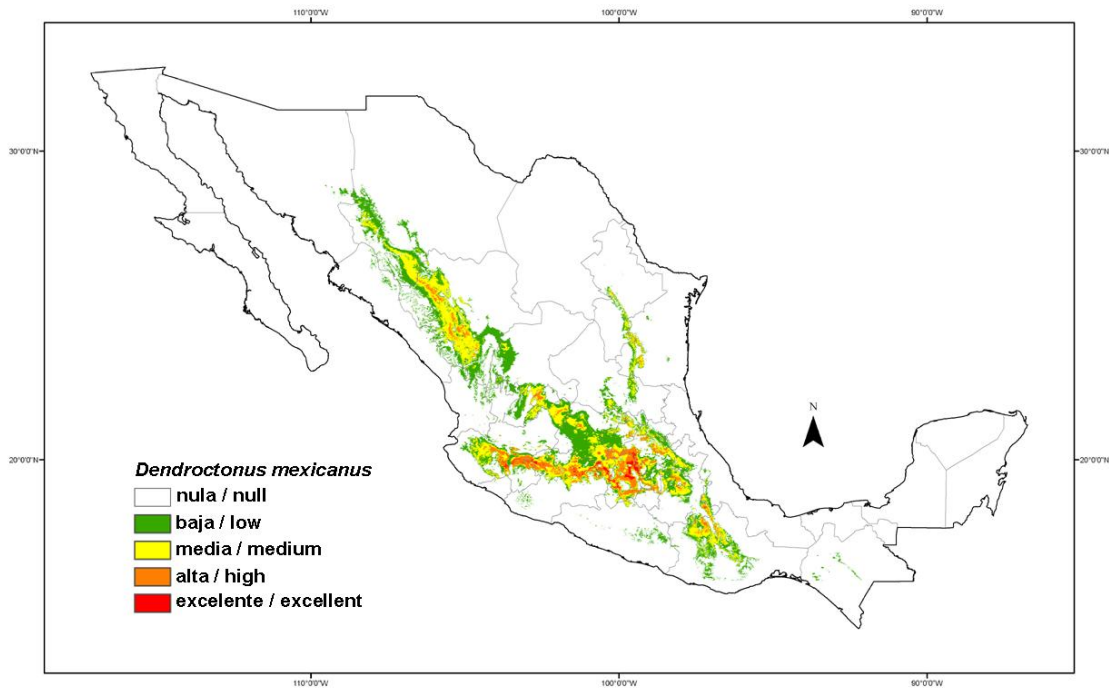


Fig. 13. Distribución geográfica potencial de *Dendroctonus mexicanus* en México a partir de BIOCLIM.

Fig. 13. Potential geographic distribution of *Dendroctonus mexicanus* in México based on BIOCLIM data.

***DENDROCTONUS PARALLELOCOLLIS* CHAPUIS, 1869**

NOMBRE COMÚN: SIN NOMBRE

COMMON NAME: NO NAME

DISTRIBUCIÓN GENERAL

Su distribución abarca desde el Norte de México hasta Honduras (Wood 1982).

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Estados: Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla y Tamaulipas.

Es una especie cuyo patrón geográfico inicia en México y llega hasta Centroamérica. En nuestro país se ha encontrado en todos los sistemas montañosos, excepto la SBC. La distribución más amplia para esta especie se presenta en la FVT y en regiones aisladas en el resto de las sierras.

Altitud: Sus límites de altitud se encuentran entre los 800 y 4 000 m, con un intervalo preferente entre los 2 000 y 2 500 m.

Huéspedes: *Pinus arizonica*, *P. devoniana*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. hartwegii*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*. El mayor porcentaje de incidencias (32%) se presenta en *P. leiophylla*.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Las regiones más favorables bioclimáticamente para ésta especie se localizan en la región centro y occidente de la FVT y en pequeñas islas de la SMS en el Norte de Oaxaca y la SMOC en el estado de Durango.

GENERAL DISTRIBUTION

Its range extends from northern México to Honduras (Wood 1982).

DISTRIBUTION IN MÉXICO

States: Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, the State of México and Tamaulipas.

The geographic range of this species begins in México and extends to Central America. In México, it has been found in all mountain systems, except the SBC. This species is most widely distributed in the FVT and scattered areas of other mountain ranges.

Elevation: Its altitudinal range is limited to between 800 and 4 000 m; its preferred span is 2 000 to 2 500 m.

Hosts: *Pinus arizonica*, *P. devoniana*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. hartwegii*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus* and *P. teocote*. The highest percent occurrence (32%) was found in *P. leiophylla*.

POTENTIAL RANGE

The most favorable regions for this species in terms of bioclimatic conditions are in central and western areas of the FVT and in small patches of the SMS in northern Oaxaca and the SMOC in the state of Durango.

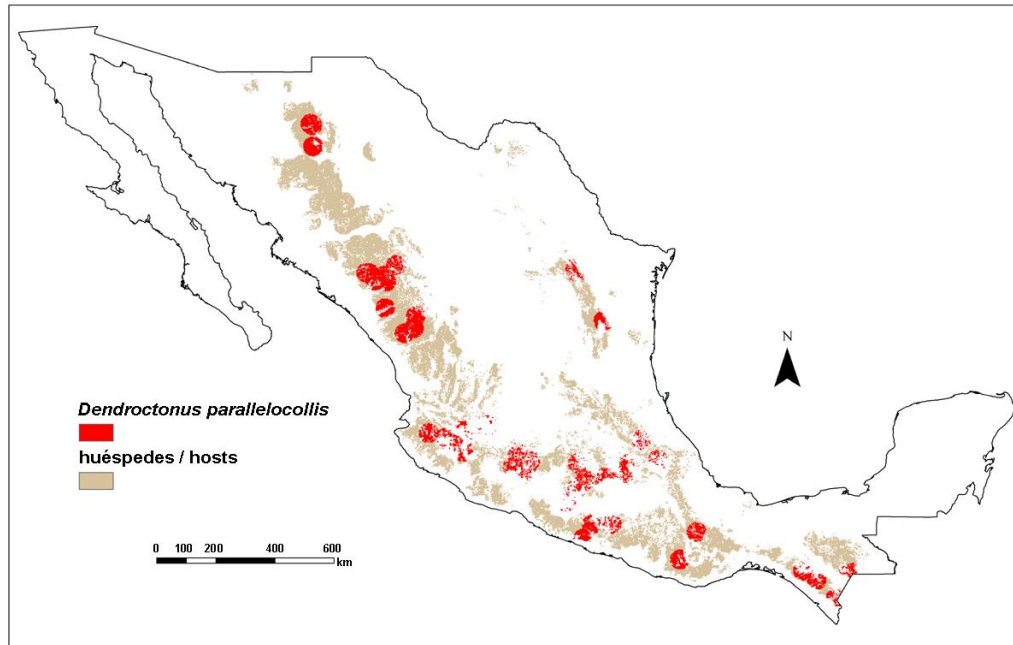


Fig. 14. Distribución geográfica de *Dendroctonus parallelocollis* y sus especies huésped en México basada en colectas del último siglo.

Fig. 14. Geographic distribution of *Dendroctonus parallelocollis* and its host species in México based on collections during the last hundred years.

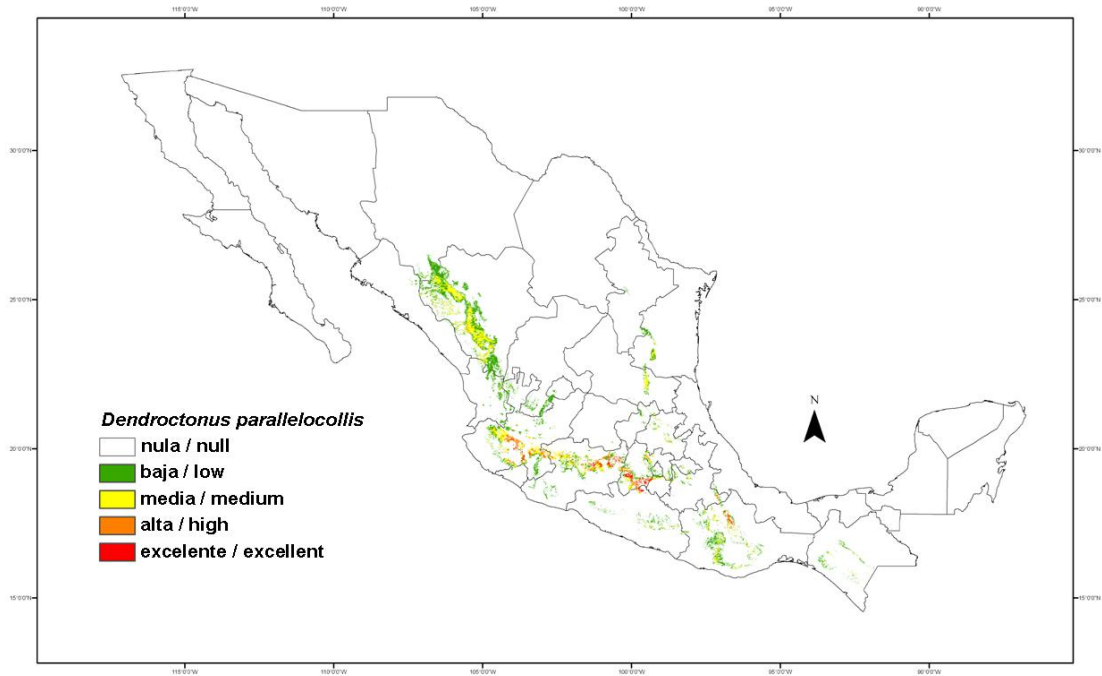


Fig. 15. Distribución geográfica potencial de *Dendroctonus parallelocollis* en México a partir de BIOCLIM.

Fig. 15. Potential geographic distribution of *Dendroctonus parallelocollis* in México based on BIOCLIM data.

***DENDROCTONUS PONDEROSAE* HOPKINS, 1902**

NOMBRE COMÚN: SIN NOMBRE

COMMON NAME: MOUNTAIN PINE BEETLE

DISTRIBUCIÓN GENERAL

Se distribuye desde el Suroeste de Canadá hasta el Norte de Baja California (Wood 1982).

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Estados: Baja California, posiblemente Chihuahua.

Sólo dos registros de colecta ha sido posible documentar para *Dendroctonus ponderosae* en la sierra de San Pedro Mártir, sin embargo por las características de su distribución en Estados Unidos es muy probable que extienda su límite Sur hasta el estado de Baja California y Chihuahua. En el resto de Norteamérica es una de las especies que ocasiona grandes pérdidas al sector forestal.

Altitud: Los únicos registros refieren límites de altitud entre los 2 300 y 2 400 m.

Huéspedes: Se refieren como árboles del género *Pinus*, pero sin determinar la especie.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Por lo escaso de los registros no es confiable la predicción sobre su distribución potencial.

GENERAL DISTRIBUTION

It is found from southwestern Canada to northern Baja California (Wood 1982).

DISTRIBUTION IN MÉXICO

States: Baja California, perhaps Chihuahua.

Only two collection records have been documented for *Dendroctonus ponderosae*, both in the San Pedro Mártir mountain range. However, given the characteristics of its distribution in the US, its southern limit very probably extends to Baja California and Chihuahua. In the rest of North America, it is causing extensive losses in the forestry sector.

Elevation: The only records for this species indicate an altitudinal range between 2 300 and 2 400 m.

Hosts: Described as trees of the genus *Pinus*, the species were not determined.

POTENTIAL RANGE

Given the paucity of records, no reliable prediction can be made of its potential range.

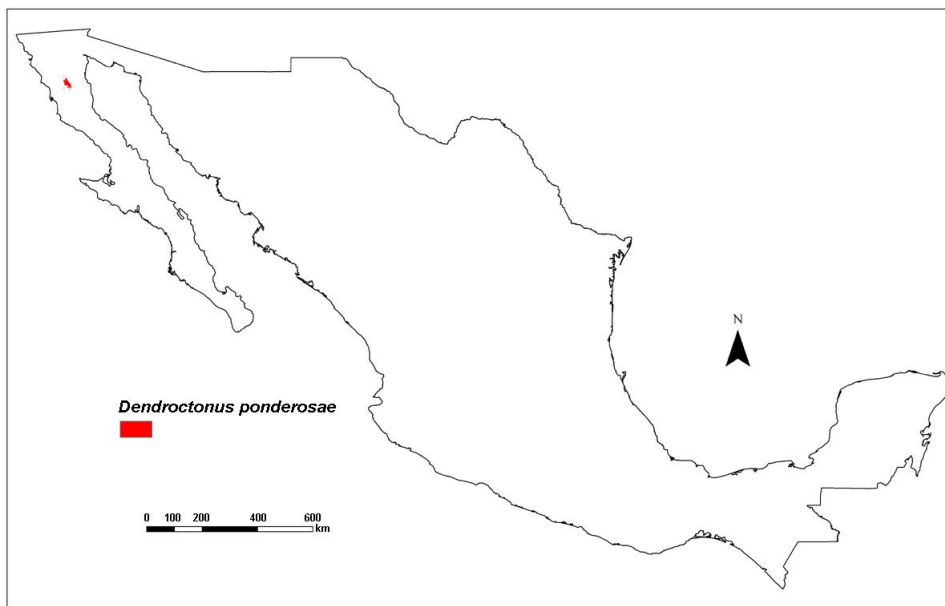


Fig. 16. Distribución geográfica de *Dendroctonus ponderosae* en México basada en colectas del último siglo.

Fig. 16. Geographic distribution of *Dendroctonus ponderosae* in México based on collections during the last hundred years.

DENDROCTONUS PSEUDOTSUGAE BARRAGANI* FURNISS, 2001*NOMBRE COMÚN: SIN NOMBRE****COMMON NAME: DOUGLAS-FIR BEETLE**

DISTRIBUCIÓN GENERAL

Recientemente se reconoció que *Dendroctonus pseudotsugae* presenta dos subespecies a lo largo de su distribución geográfica, las poblaciones del Oeste de Estados Unidos y Canadá corresponden a *D. pseudotsugae pseudotsugae* y las del Norte de México son *D. pseudotsugae barragani* (Furniss 2001, Ruiz *et al.* 2009).

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Estados: Chihuahua, Coahuila, Durango y Nuevo León.

Dendroctonus pseudotsugae barragani se distribuye en la porción norte de México. En la SMOC se localiza principalmente en los estados de Chihuahua y Durango y en la SMOR en los límites entre Coahuila y Nuevo León.

En México no había sido considerada una especie de relevancia económica, sin embargo, en años recientes presentó importantes epizootias que afectaron los bosques de *Pseudotsuga* en los estados de Durango, Chihuahua y Coahuila.

Altitud: Los límites altitudinales entre los cuales se ha reportado la especie varían de los 1 500 a los 3 100 m, y su intervalo preferente de 2 500 a 3 000 m.

Huéspedes: *Pseudotsuga menziesii*.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Las zonas bioclimáticas más propicias y extensas para la presencia de esta subespecie, se localizan en la parte centro y Norte de Durango y el Sur de Chihuahua, y en una zona mucho más pequeña en el Norte de la SMOR, entre Coahuila y Nuevo León.

GENERAL DISTRIBUTION

It has recently been determined that *Dendroctonus pseudotsugae* is represented by two subspecies throughout its geographic range: populations in the western US and Canada are referred to as *D. pseudotsugae pseudotsugae* and those in northern México as *D. pseudotsugae barragani* (Furniss 2001, Ruiz *et al.* 2009).

DISTRIBUTION IN MÉXICO

States: Chihuahua, Coahuila, Durango and Nuevo León.

Dendroctonus pseudotsugae barragani is found in northern México. In the SMOC, it is mainly present in the states of Chihuahua and Durango, while in the SMOR it is found along the border between Coahuila and Nuevo León.

In México, this species has not been considered economically relevant. In recent years, however, major outbreaks have occurred affecting forests of *Pseudotsuga* in the states of Durango, Chihuahua and Coahuila.

Elevation: This species has been reported to be present between 1 500 and 3 100 m. Its preferred span is 2 500 to 3 000 m.

Hosts: *Pseudotsuga menziesii*.

POTENTIAL RANGE

In terms of bioclimatic conditions, the most favorable extensive areas for presence of this subspecies are in central and northern Durango and southern Chihuahua as well as a much smaller area in the northern part of the SMOR, between Coahuila and Nuevo León.

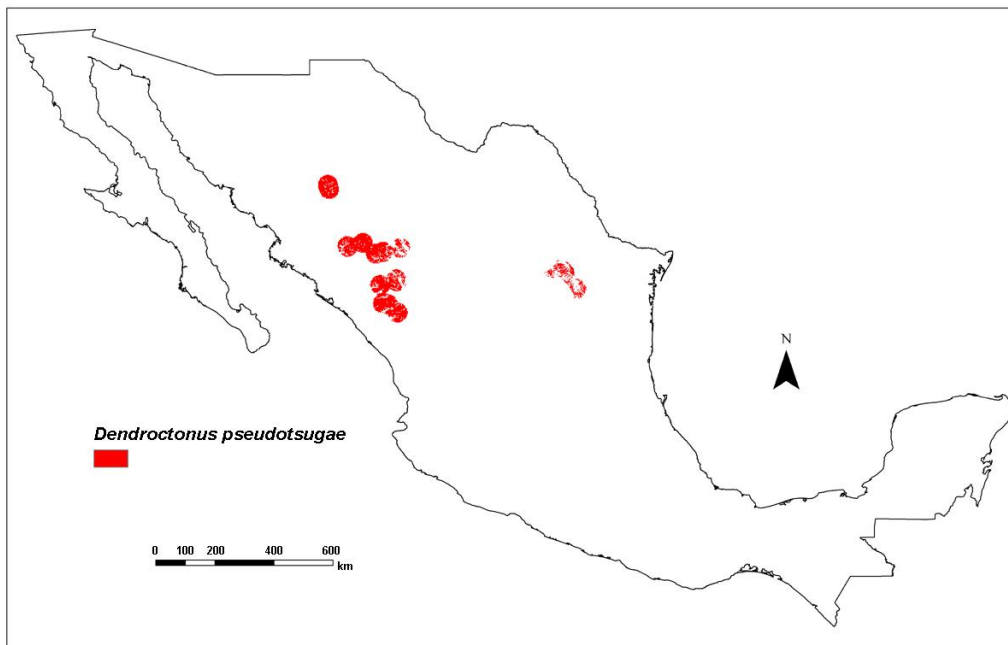


Fig. 17. Distribución geográfica de *Dendroctonus pseudotsugae barragani* en México basada en colectas del último siglo.

Fig. 17. Geographic distribution of *Dendroctonus pseudotsugae barragani* in México based on collections during the last hundred years.

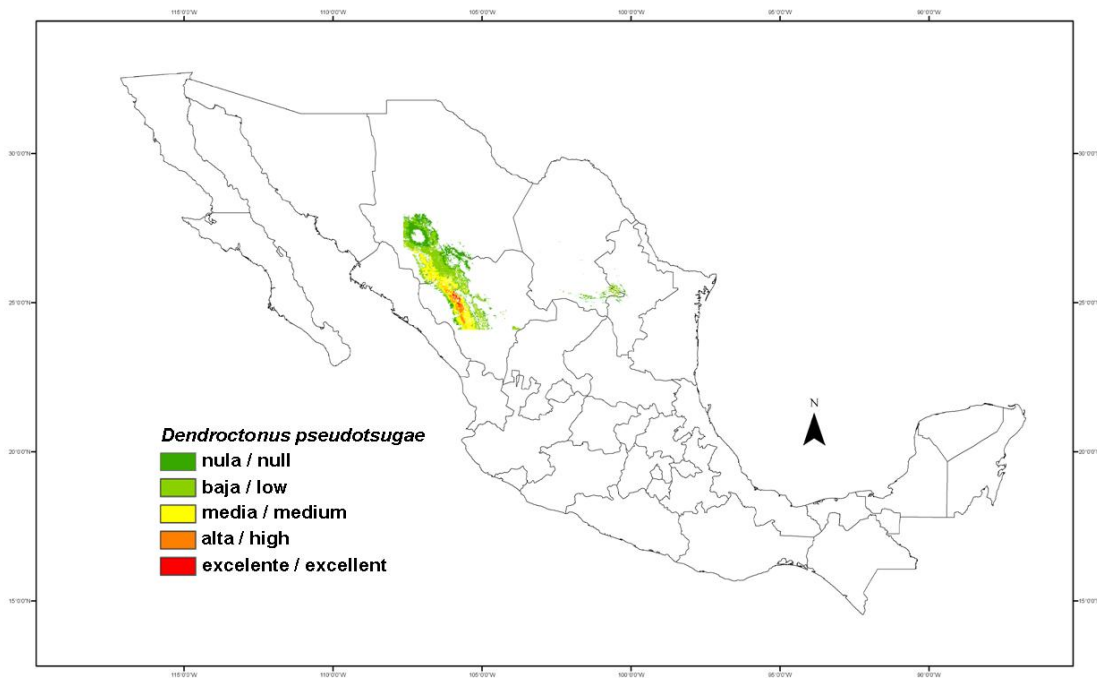


Fig. 18. Distribución geográfica potencial de *Dendroctonus pseudotsugae barragani* en México a partir de BIOCLIM.

Fig. 18. Potential geographic distribution of *Dendroctonus pseudotsugae barragani* in México based on BIOCLIM data.

DENDROCTONUS RHIZOPHAGUS* THOMAS Y BRIGHT, 1970*NOMBRE COMÚN:** DESCORTEZADOR DEL CUELLO DE LA RAÍZ, DESCORTEZADOR DEL RENUEVO**COMMON NAME:** NO NAME

DISTRIBUCIÓN GENERAL

Dendroctonus rhizophagus tiene una distribución restringida al Norte de México.

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Estados: Chihuahua, Durango, Sinaloa y Sonora.

La especie se caracteriza por colonizar al renuevo de varias especies de pinos y por su distribución endémica. Esta especie es muy común en la vertiente oeste de la SMOC en los estados de Chihuahua y Durango, sólo marginalmente algunas de sus poblaciones se presentan en la vertiente Oeste en los estados de Sonora y Sinaloa.

Altitud: Los límites altitudinales de la especie se encuentran entre los 1 000 y 3 100 m, su intervalo preferente se localiza entre los 2 000 y 2 500 m.

Huéspedes: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. cembroide*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. herrerae*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. oocarpa*, *P. ponderosae*, *P. strobiformis* y *P. teocote*. El mayor porcentaje de incidencias (44%) se presenta en *P. engelmannii*.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

La mayor parte de su distribución actual presenta condiciones climáticas favorables, las condiciones óptimas se alcanzan en el extremo Noroeste de la SMOC en el estado de Chihuahua y en los bosques que se presentan en la colindancia entre Chihuahua y Durango.

GENERAL DISTRIBUTION

Distribution of *Dendroctonus rhizophagus* is confined to northern México.

DISTRIBUTION IN MÉXICO

States: Chihuahua, Durango, Sinaloa and Sonora.

This species is known for infesting the seedlings of various pine species and for its endemic distribution. It is most common on the western slope of the SMOC within the states of Chihuahua and Durango; only fringe populations are present on the western slope in Sonora and Sinaloa.

Elevation: The altitudinal range of this species is between 1 000 and 3 100 m; its preferred span is 2 000 to 2 500 m.

Hosts: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. cembroide*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. herrerae*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. oocarpa*, *P. ponderosae*, *P. strobiformis* y *P. teocote*. The highest percent occurrence (44%) was observed in *P. engelmannii*.

POTENTIAL RANGE

Climatic conditions are favorable throughout most of its present range. Optimal conditions occur in the extreme northwest portion of the SMOC within the state of Chihuahua and in forests along the border between Chihuahua and Durango.

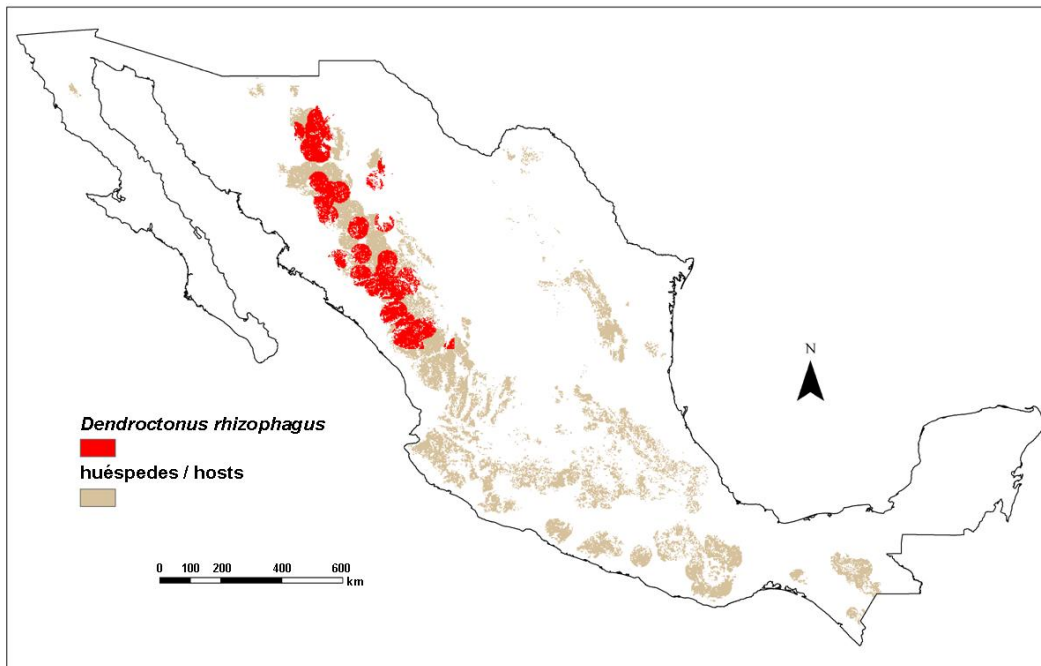


Fig. 19. Distribución geográfica de *Dendroctonus rhizophagus* y sus especies huésped en México basada en colectas del último siglo.

Fig. 19. Geographic distribution of *Dendroctonus rhizophagus* and its host species in México based on collections during the last hundred years.

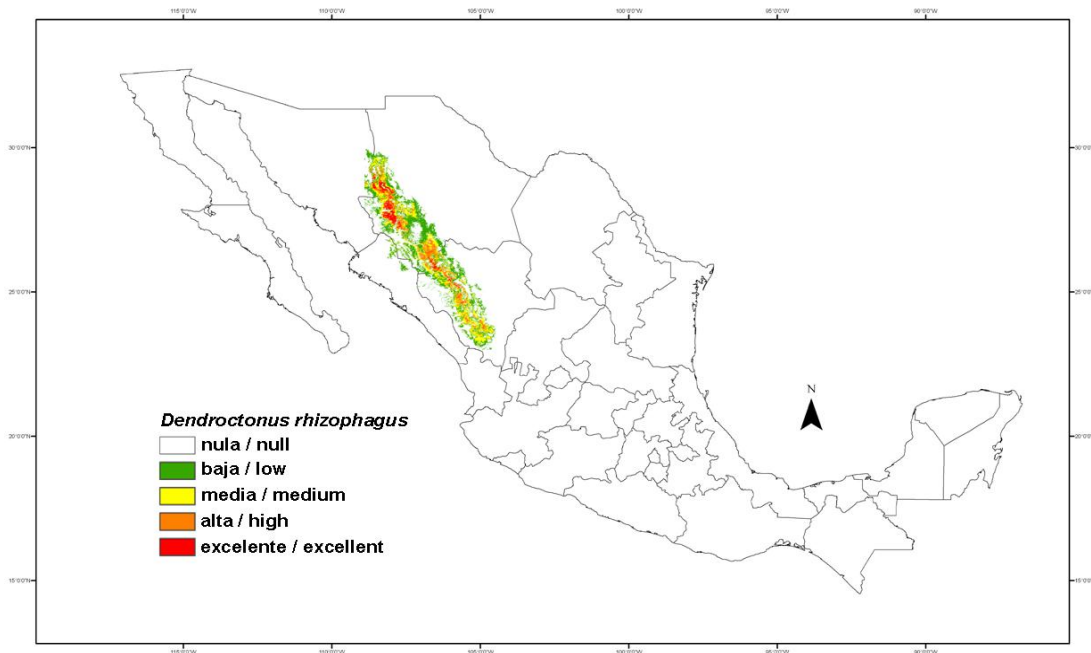


Fig. 20. Distribución geográfica potencial de *Dendroctonus rhizophagus* en México a partir de BIOCLIM.

Fig. 20. Potential geographic distribution of *Dendroctonus rhizophagus* in México based on BIOCLIM data.

DENDROCTONUS VALENS* LeConte, 1860*NOMBRE COMÚN: DESCORTEZADOR MAYOR****COMMON NAME: RED TURPENTINE BEETLE**

DISTRIBUCIÓN GENERAL

Esta especie presenta la distribución más amplia en América. Se localiza desde el Oeste de Canadá, la parte Noreste y Oeste de Estados Unidos hasta Honduras en Centroamérica (Wood 1982). Recientemente fue introducida accidentalmente en China (Yang *et al.* 2005).

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Estados: Aguascalientes, Baja California, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas.

Junto con *Dendroctonus mexicanus*, esta especie presenta la distribución y valencia ecológica más amplia en México. Se comporta como una especie secundaria en Norteamérica ya que regularmente se le encuentra asociada en el mismo árbol con alguna especie agresiva. En China su comportamiento se ha tornado agresivo semejante al de las especies primarias en América.

Altitud: Los límites altitudinales de la especie van de 800 a 4 000 m y su intervalo preferente se localiza entre los 2 000 y 2 500 m.

Huéspedes: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. devoniana*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. greggii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. jeffreyi*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus*, *P. quadrifolia*, *P. strobus* y *P. teocote*. Los mayores porcentajes de incidencia (16 y 12% respectivamente) se presentan en *P. leiophylla* y *P. durangensis*.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Las condiciones bioclimáticas propicias para su presencia en México son extensas, se localizan principalmente en la FVT y SMOC (Durango). En el Norte y Sur de la SMOR y SMS (Oaxaca) se dan condiciones climáticas favorables pero sólo en pequeñas áreas.

GENERAL DISTRIBUTION

This species has the widest distribution in the North and Central America of all species of *Dendroctonus*. It is found from western Canada and the northeast and western US to Honduras in Central America (Wood 1982). It was recently accidentally introduced into China (Yang *et al.* 2005).

DISTRIBUTION IN MÉXICO

States: Aguascalientes, Baja California, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, the Federal District, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, the State of México, Tlaxcala, Veracruz and Zacatecas.

This species, along with *Dendroctonus mexicanus*, has the widest distribution and ecological variation in México. In North America, its behavior is that of a secondary species, often sharing the same tree with an aggressive species. In China it has become aggressive, behaving much like primary species in the Americas.

Elevation: The altitudinal range of this species is between 800 and 4 000 m, while its preferred span is 2 000 to 2 500 m.

Hosts: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. devoniana*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. greggii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. jeffreyi*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus*, *P. quadrifolia*, *P. strobus* and *P. teocote*. The highest percent occurrences were found in *P. leiophylla* and *P. durangensis* (16% and 12% respectively).

POTENTIAL RANGE

Bioclimatic conditions favoring the presence of this species occur throughout a vast area of México, particularly in the FVT and in the SMOC in the state of Durango. In the northern and southern parts of the SMOR and in the SMS in Oaxaca, favorable climatic conditions exist, but only in small areas.

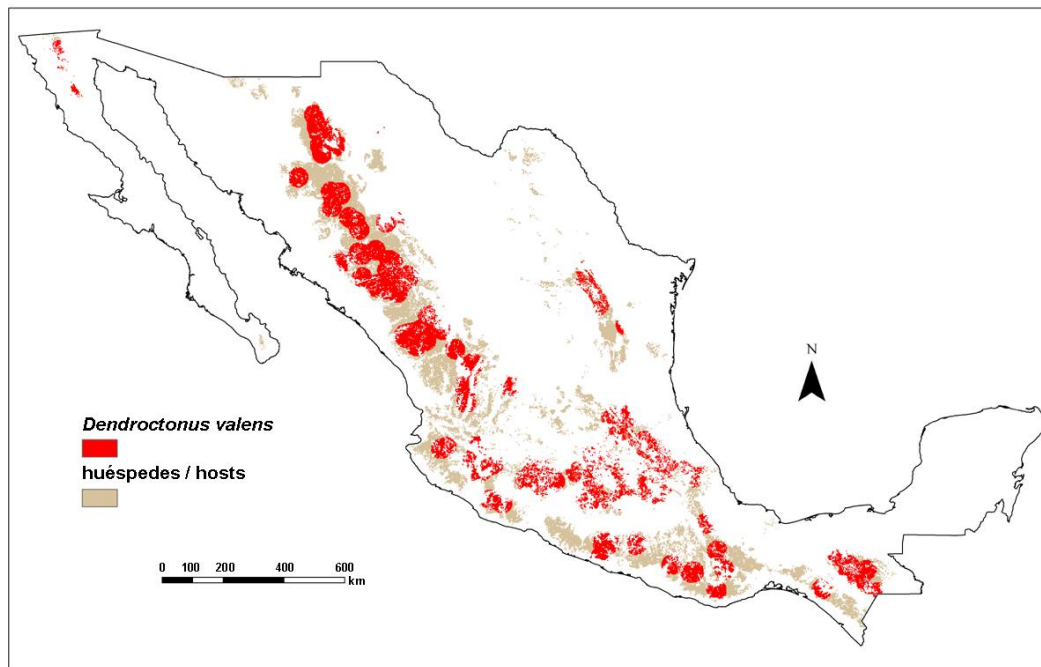


Fig. 21. Distribución geográfica de *Dendroctonus valens* y sus especies huésped en México basada en colectas del último siglo.
Fig. 21. Geographic distribution of *Dendroctonus valens* and its host species in México based on collections during the last hundred years.

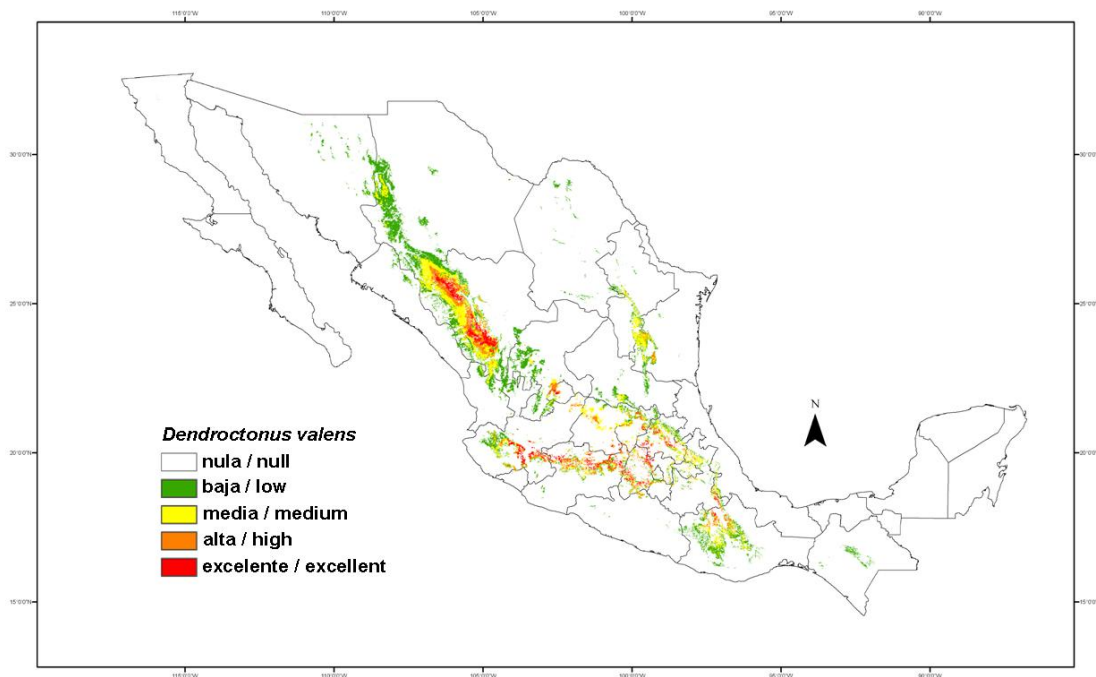


Fig. 22. Distribución geográfica potencial de *Dendroctonus valens* en México a partir de BIOCLIM.
Fig. 22. Potential geographic distribution of *Dendroctonus valens* in México based on BIOCLIM data.

DENDROCTONUS VITEI* WOOD, 1975 (1974)*NOMBRE COMÚN: SIN NOMBRE****COMMON NAME: NO NAME****DISTRIBUCIÓN GENERAL**

Poco se conoce sobre el patrón general de distribución de esta especie, los escasos registros sugieren que se distribuye desde el Sur de México a Guatemala.

DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO

Estados: Chiapas.

La mayoría de las obras que tratan el género *Dendroctonus* en México no consideran a esta especie, ya que sólo existe un registro para México. Es una especie descrita y aceptada internacionalmente (Wood, 1982); nosotros la consideramos válida y como tal se trata en este atlas.

Altitud: 2 200 m.

Huéspedes: *Pinus devoniana*.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

La falta de registros no favorece la predicción de una distribución bioclimática potencial para esta especie.

GENERAL DISTRIBUTION

Little is known about the general range of distribution of this species. The limited number of records suggests it is found from southern México to Guatemala.

DISTRIBUTION IN MÉXICO

States: Chiapas.

Most studies dealing with the genus *Dendroctonus* in México do not include this species because there is only one record of its presence in Mexico. Nevertheless, the species has been described and is internationally accepted (Wood 1982); we consider it valid and it is treated as such in this Atlas.

Elevation: 2 200 m.

Host: *Pinus devoniana*.

POTENTIAL RANGE

The lack of records precludes any prediction of the potential bioclimatic distribution of this species.

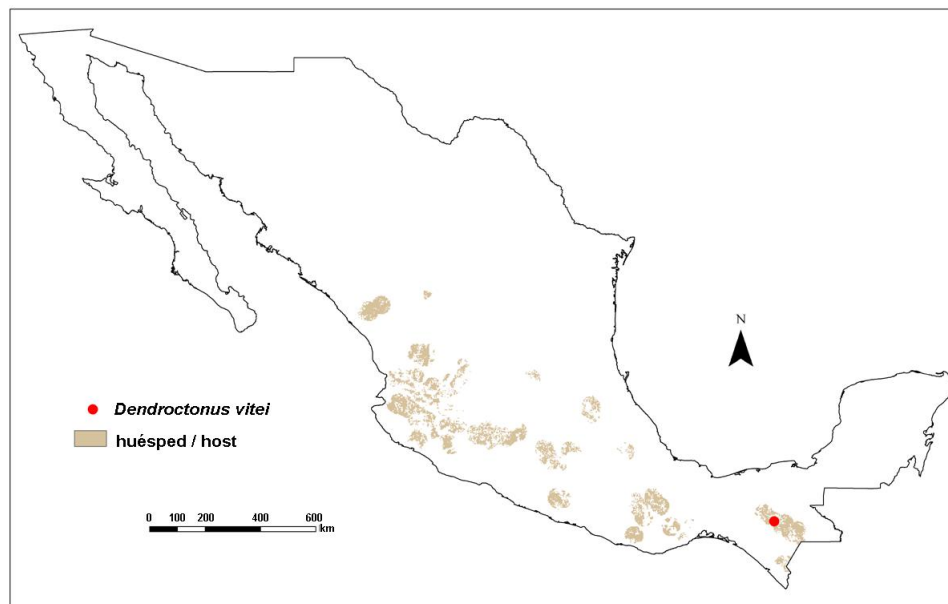


Fig. 23. Distribución geográfica de *Dendroctonus vitei* y su especie huésped en México basada en colectas del último siglo.

Fig. 23. Geographic distribution of *Dendroctonus vitei* and its host species in México based on collections during the last hundred years.



Tronco de pino (*Pinus jeffreyi*) con galerías de *Dendroctonus jeffreyi* en la Sierra de San Pedro Mártir (Baja California, México).

Trunk of a pine tree (*Pinus jeffreyi*) with galleries of *Dendroctonus jeffreyi* beetles in the Sierra of San Pedro Mártir (Baja California, México).



Tronco de pino (*Pinus jeffreyi*) con grumos de resina ocasionados por el ataque de *Dendroctonus jeffreyi* en la Sierra de San Pedro Mártir (Baja California, México).

Trunk of a pine tree (*Pinus jeffreyi*) with resin pitch tubes produced by the attack of *Dendroctonus jeffreyi* beetles in the Sierra of San Pedro Mártir (Baja California, México).

Tronco de pino (*Pinus jeffreyi*) con galerías de *Dendroctonus jeffreyi* en la Sierra de San Pedro Mártir (Baja California, México).

Trunk of a pine tree (*Pinus jeffreyi*) with galleries of *Dendroctonus jeffreyi* beetles in the Sierra of San Pedro Mártir (Baja California, México).



III. TENDENCIAS GEOGRÁFICAS EN LA RIQUEZA DE ESPECIES

Para este trabajo la riqueza de especies fue considerada como una medida de la diversidad de los descortezadores o pinos en un sitio específico. A partir de la información sobre los descortezadores fue posible derivar el cambio en esta propiedad entre áreas y regiones contiguas o vecinas, y así inferir sus probables implicaciones para el manejo y el control de las especies que pueden convertirse en epidemias. Al estar basada en los registros históricos de colecta, la diversidad de especies debe ser considerada una medida del número de especies, descortezadores o pinos, presentes en un área particular.

La superficie sobre la que se estimó la diversidad de los pinos y descortezadores fueron celdas de 0.25 x 0.25 grados por lado.

DENDROCTONUS

La mayor diversidad local de descortezadores, en áreas pequeñas como es la superficie que comprende cada una de las celdas, se presenta en los estados de Chihuahua y Durango, donde se tienen registros de la presencia de siete especies de *Dendroctonus* por celda (Fig. 24). Otras celdas importantes son aquellas con valores entre cinco y seis especies, las cuales se presentan en municipios diferentes de los estados de Chihuahua, Durango, Michoacán, Estado de México, Guerrero y Oaxaca. No es el caso de la SBC, sureste del territorio y en la SMOR en donde predominan las celdas con una diversidad media y baja. Por ello, puede establecerse en general, que los bosques de la región centro y occidente de México albergan la mayor diversidad local de *Dendroctonus*.

La diversidad regional de estos descortezadores, la cual es otra forma de analizar la manera en que se distribuyen las especies en el espacio geográfico, muestra que la SMOC y la SMOR son las que mayor diversidad presentan con ocho especies diferentes de *Dendroctonus*, después le sigue la SCH con siete especies y con igual cantidad (seis especies) la FVT y la SMS, quedando la SBC con el valor más bajo con cuatro especies de *Dendroctonus* (Fig. 25).

III. GEOGRAPHIC TRENDS IN SPECIES RICHNESS

For the purposes of this study, species richness was regarded as a measure of the diversity of bark beetles or pines in a particular locality. This information can be used to deduce changes in this attribute between adjacent or neighboring areas and regions, and thereby infer its potential impact on the pine management and control of bark beetle species capable of reaching epidemic proportions. Because it is based on historical collection records, species diversity must be regarded as a measure of the number of species, in this case of bark beetles or pines, present in a given area. The surface area used to estimate the diversity of pines or bark beetles is a grid cell measuring 0.25 x 0.25 degrees.

DENDROCTONUS

The highest local diversity of bark beetles, as observed in small areas such as the surface of each of the grid cells, occurred in the states of Chihuahua and Durango, where seven species of *Dendroctonus* were recorded per grid cell (Fig. 24). Other high-scoring grid cells, with five to six species, were located in various municipalities within Chihuahua, Durango, Michoacán, Guerrero, Oaxaca and the State of México. The situation is completely different in the SBC, the southeastern portion of the country and the SMOR, where grid cells showing low to moderate diversity prevail. Thus, it can be said that in general forests in central and western México harbor a higher local diversity of *Dendroctonus*.

The regional diversity of these bark beetles, which constitutes another means of analyzing the distribution of the species within geographical boundaries, reveals that the SMOC and SMOR have the highest diversity, with eight different *Dendroctonus* species. This is followed by the SCH with seven species and the FVT and SMS with a similar number (six species), while the SBC had the lowest score, with four *Dendroctonus* species (Fig. 25).

PINUS

La distribución geográfica de los pinos al igual que la cantidad de especies que comprende el género, es mucho mayor que la de los descortezadores. La máxima riqueza por celda para los huéspedes de *Dendroctonus* se presenta en la SMOC, FVT, SMOR y SMS, donde se han registrado de 9 a 12 especies diferentes de estos pinos.

En la SMOC los pinos presentan una diversidad de media a baja, a pesar de ser aquí donde estas comunidades cubren una gran extensión y ser la región donde se presenta la mayor diversidad de especies de *Dendroctonus*. Sólo sitios aislados al Sur de Durango, albergan 9 y 10 especies diferentes de huéspedes (Fig. 26).

De esta manera los bosques de la mayor parte de México, excepto la SBC y SCH, son comunidades diversas con pinos potenciales de poder ser colonizados por este grupo de descortezadores.

PINUS

The geographic distribution of pines, like the number of species belonging to this genus, is much greater than that of bark beetles. The highest species richness per grid cell for hosts of *Dendroctonus* occurs in the SMOC, FVT, SMOR and SMS, where between 9 and 12 different species of these pines have been recorded.

In the SMOC, pines show moderate to low diversity even though these tree communities cover a wide area and this region has the highest diversity of species of *Dendroctonus*. Only some scattered sites in southern Durango harbor 9 and 10 different host species (Fig. 26).

Therefore, forests in the greater part of México, with the exception of those in the SBC and SCH, are diverse communities with pines potentially susceptible to infestation by this group of bark beetles.

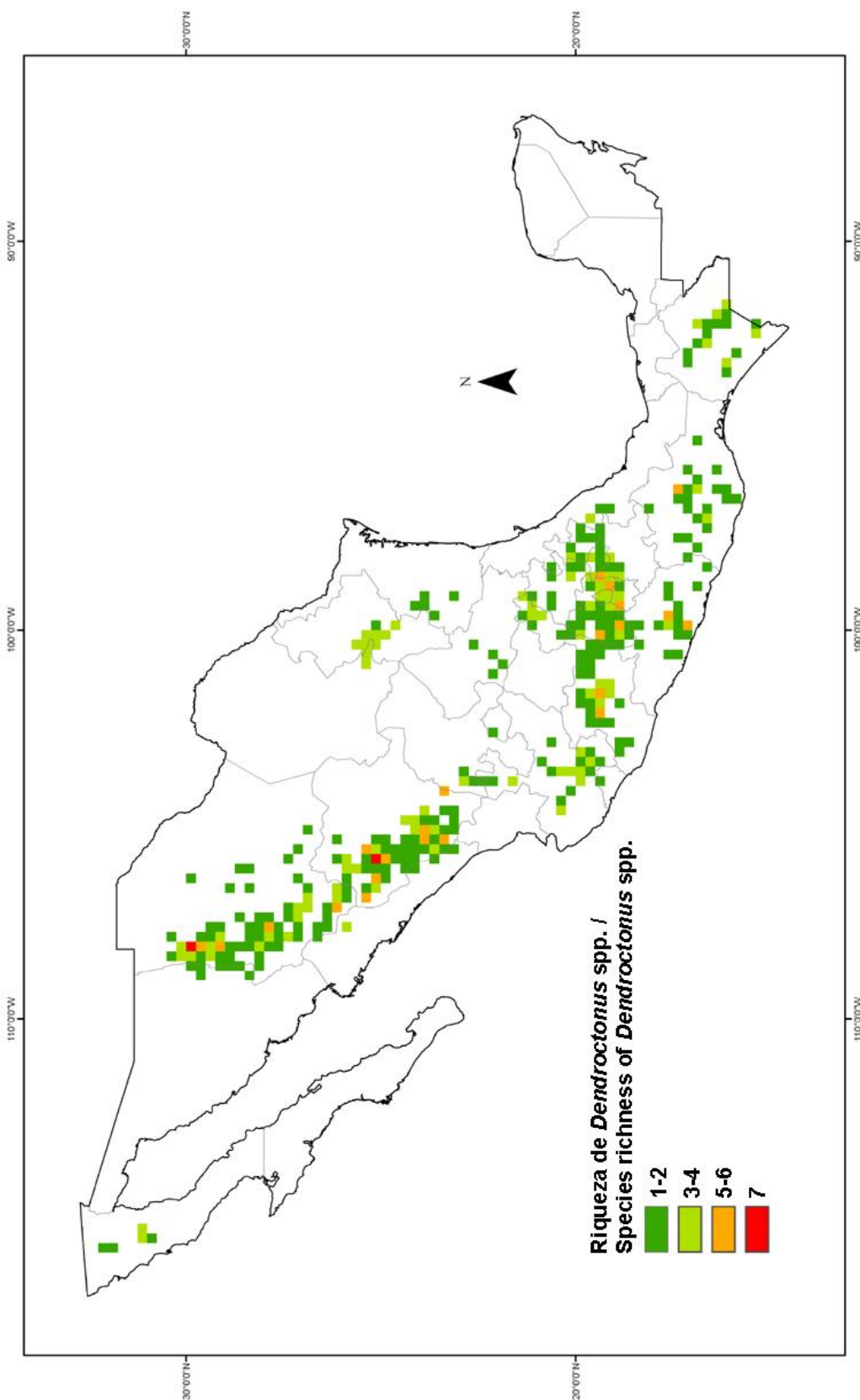


Fig. 24. Riqueza de especies de *Dendroctonus* en celdas de 0.25 x 0.25 grados.

Fig. 24. Species richness of *Dendroctonus* as determined in grid cells measuring 0.25 x 0.25 degrees.

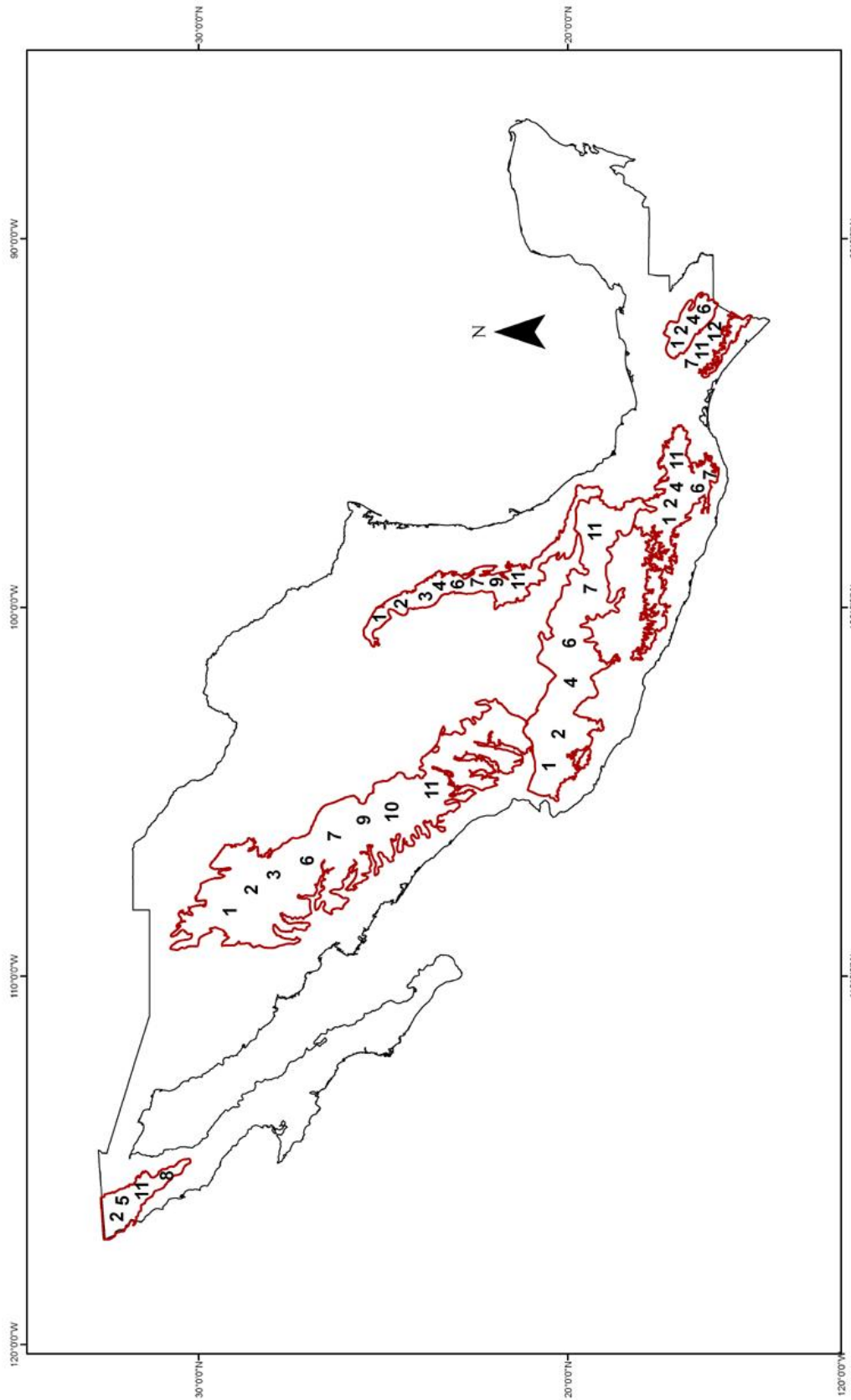


Fig. 25. Especies de *Dendroctonus* en cada sistema montañoso. (1) *D. adjunctus*, (2) *D. approximatus*, (3) *D. brevicornis*, (4) *D. frontalis*, (5) *D. jeffreyi*, (6) *D. mexicanus*, (7) *D. parallelocollis*, (8) *D. ponderosae*, (9) *D. pseudotsugae*, (10) *D. rhizophagus*, (11) *D. valens* y (12) *D. vitei*.

Fig. 25. Species of *Dendroctonus* in each mountain system. (1) *D. adjunctus*, (2) *D. approximatus*, (3) *D. brevicornis*, (4) *D. frontalis*, (5) *D. jeffreyi*, (6) *D. mexicanus*, (7) *D. parallelocollis*, (8) *D. ponderosae*, (9) *D. pseudotsugae*, (10) *D. rhizophagus*, (11) *D. valens* and (12) *D. vitei*.

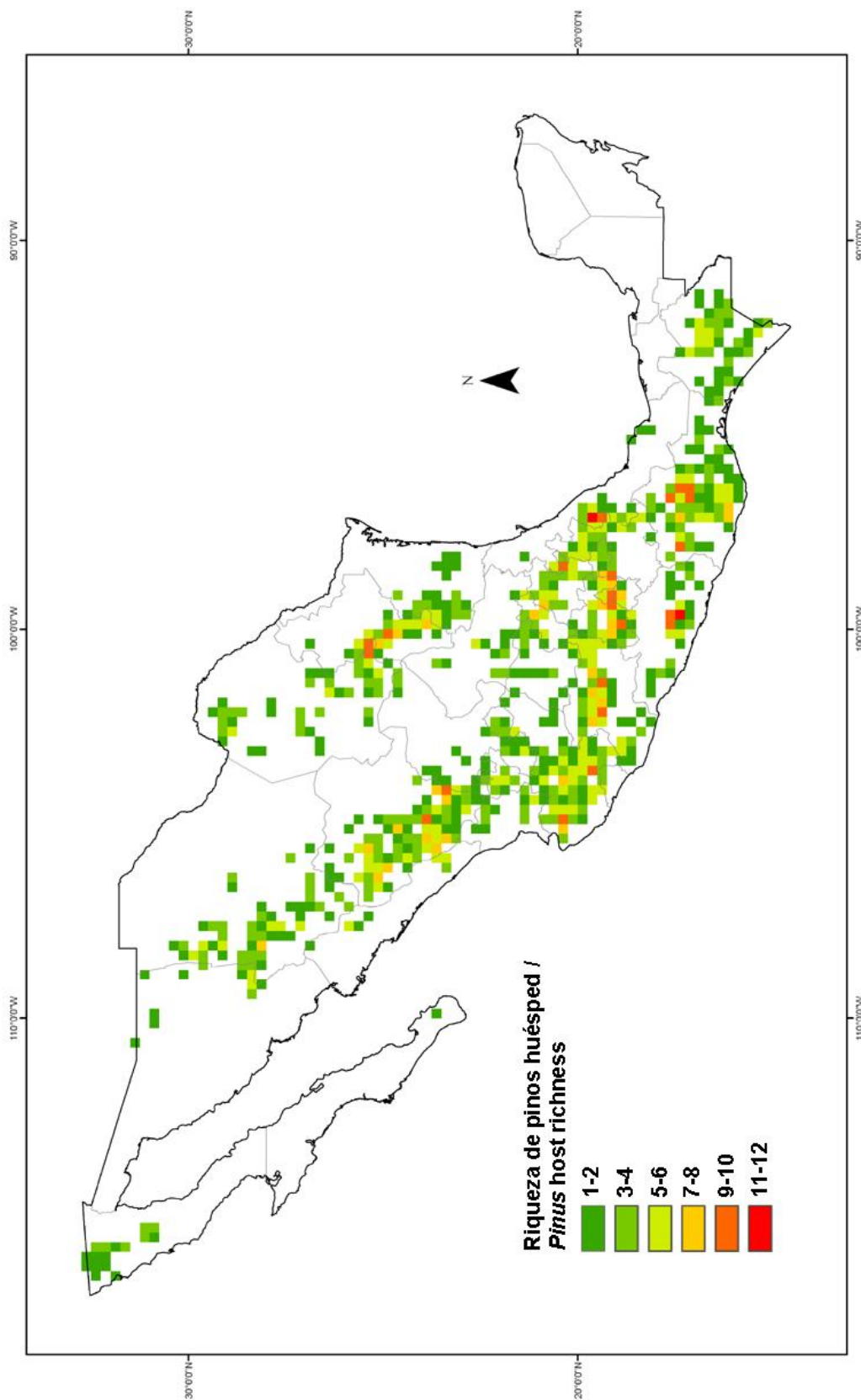


Fig. 26. Riqueza de especies de *Pinus huésped* en celdas de 0.25 x 0.25 grados.

Fig. 26. Species richness of host *Pinus* as determined in grid cells measuring 0.25 x 0.25 degrees.

IV. PRESIÓN POR *DENDROCTONUS* EN LOS BOSQUES DE PINO EN MÉXICO

La presión histórica que han ejercido las especies de *Dendroctonus* sobre los bosques de pino en México fue cuantificada por medio del Índice de Presión por Descortezadores (IPD). El IPD refiere los niveles de interacción que han mantenido las seis especies de *Dendroctonus* de más amplia distribución en México con sus especies de pino huésped. Además, el índice es un estimador indirecto de la probabilidad de afectación (vulnerabilidad) que pueden presentar las comunidades de pino en un sitio o región al ataque por *Dendroctonus*, ya que está basado en los registros históricos de la presencia de estos insectos en los últimos cien años.

El índice fue primeramente calculado para cada una de las especies huésped y posteriormente resumido en un mapa general. Los resultados de este índice se presentan en tres categorías: alta, media y baja, generadas mediante intervalos geométricos, como una forma práctica de aproximarnos a su importancia.

El mapa que resume los valores del IPD para todas las especies de *Pinus* (Fig. 27), indica que los descortezadores han mantenido valores bajos de presión sobre sus huéspedes en la mayor parte de su área de distribución geográfica, a pesar de que las tres categorías se presentan en todas las sierras, con excepción de la SBC.

Las zonas con valores de IPD altos son más comunes en la FVT y SMOC, sin embargo, pueden identificarse aproximadamente 16 zonas vulnerables repartidas en los principales sistemas montañosos del país: SMOC (3), SMOR (1), FVT (10), SMS (1) y SCH (1). De estas zonas vulnerables las de mayor extensión se presentan en la SMOC, FVT y SMS. Resalta por su importancia biológica y ecológica el que varias de estas zonas estén comprendidas en áreas que han sido reconocidas como Áreas Naturales Protegidas, Parques Nacionales y Regiones Terrestres Prioritarias para México (Arriaga *et al.* 2000) (Fig. 28).

IV. THREAT OF *DENDROCTONUS* INFESTATION IN MEXICAN PINE FORESTS

The historical threat posed by species of *Dendroctonus* on Mexican pine forests was quantified using the Bark Beetle Threat Index (BBTI). The BBTI measures the levels of interaction between the six *Dendroctonus* species with the widest ranges of distribution in México and their corresponding host pine species. This index also indirectly estimates the probability of vulnerability to *Dendroctonus* attack in the pine communities of a site or region, because it is based on historical records of the presence of these insects over the last hundred years.

The index was initially estimated for each of the host species and was later summarized on a general map. Index scores can be divided into three categories: high, moderate and low, determined through geometric numerical intervals as a practical way of gauging their importance.

The map summarizing the BBTI scores for all *Pinus* species (Fig. 27) shows that bark beetle threat scores have remained low in most of the geographic range of distribution of their hosts, despite the fact that all three categories are present in all mountain systems, except the SBC.

Areas with high BBTI scores are more common in the FVT and SMOC. However, approximately 16 vulnerable areas can be identified, spread out among the major mountain systems in the country: SMOC (3), SMOR (1), FVT (10), SMS (1) and SCH (1). The most extensive of these vulnerable areas is located in the SMOC, FVT and SMS. The biological and ecological importance of several of these areas is highlighted by their recognition as Protected Natural Areas, National Parks, and Priority Land Areas in México (Arriaga *et al.* 2000) (Fig. 28).

ÍNDICE DE PRESIÓN SOBRE ESPECIES DE PINO

De las 25 especies de pinos asociadas con *Dendroctonus*, siete son huéspedes preferentes por el porcentaje de incidencias que registran (Cuadro 1): 1) *Pinus leiophylla* es la especie preferencial de: *D. approximatus*, *D. mexicanus*, *D. parallelcollis* y *D. valens*, 2) *P. durangensis* de *D. approximatus*, *D. brevicomis* y *D. valens*, 3) *P. engelmannii* de *D. brevicomis* y *D. rhizophagus*, 4) *P. hartwegii* de *D. adjunctus*, 5) *P. oocarpa* de *D. frontalis*, 6) *P. jeffreyi* de *D. jeffreyi* y 7) *P. devoniana* de *D. vitei*.

Sin embargo, las especies de pinos que interaccionan con una mayor diversidad de estos insectos a lo largo de su distribución son: *Pinus arizonica*, *P. durangensis*, *P. leiophylla* y *P. teocote*, ya que sobre ellas se han encontrado hasta ocho especies de *Dendroctonus*, entre las cuales se tienen las cuatro especies primarias que más daño causan a los bosques de coníferas en México.

THREAT INDEX FOR PINE SPECIES

Seven of the 25 species of pine associated with *Dendroctonus* are preferred hosts as shown by records of percent occurrences (Table 1): (1) *Pinus leiophylla* is the preferred species of *D. approximatus*, *D. mexicanus*, *D. parallelcollis* and *D. valens*; (2) *Pinus durangensis* is preferred by *D. approximatus*, *D. brevicomis* and *D. valens*; (3) *P. engelmannii* is preferred by *D. brevicomis* and *D. rhizophagus*; (4) *P. hartwegii* is preferred by *D. adjunctus*; (5) *P. oocarpa* is preferred by *D. frontalis*; (6) *P. jeffreyi* is preferred by *D. jeffreyi*; and (7) *P. devoniana* is preferred by *D. vitei*.

However, the pine species interacting with a greater variety of these insects are *P. arizonica*, *P. durangensis*, *P. leiophylla* and *P. teocote*, because trees of these species have been found to harbor up to eight species of *Dendroctonus*. The latter include the four primary species causing the most damage to coniferous forests in México.

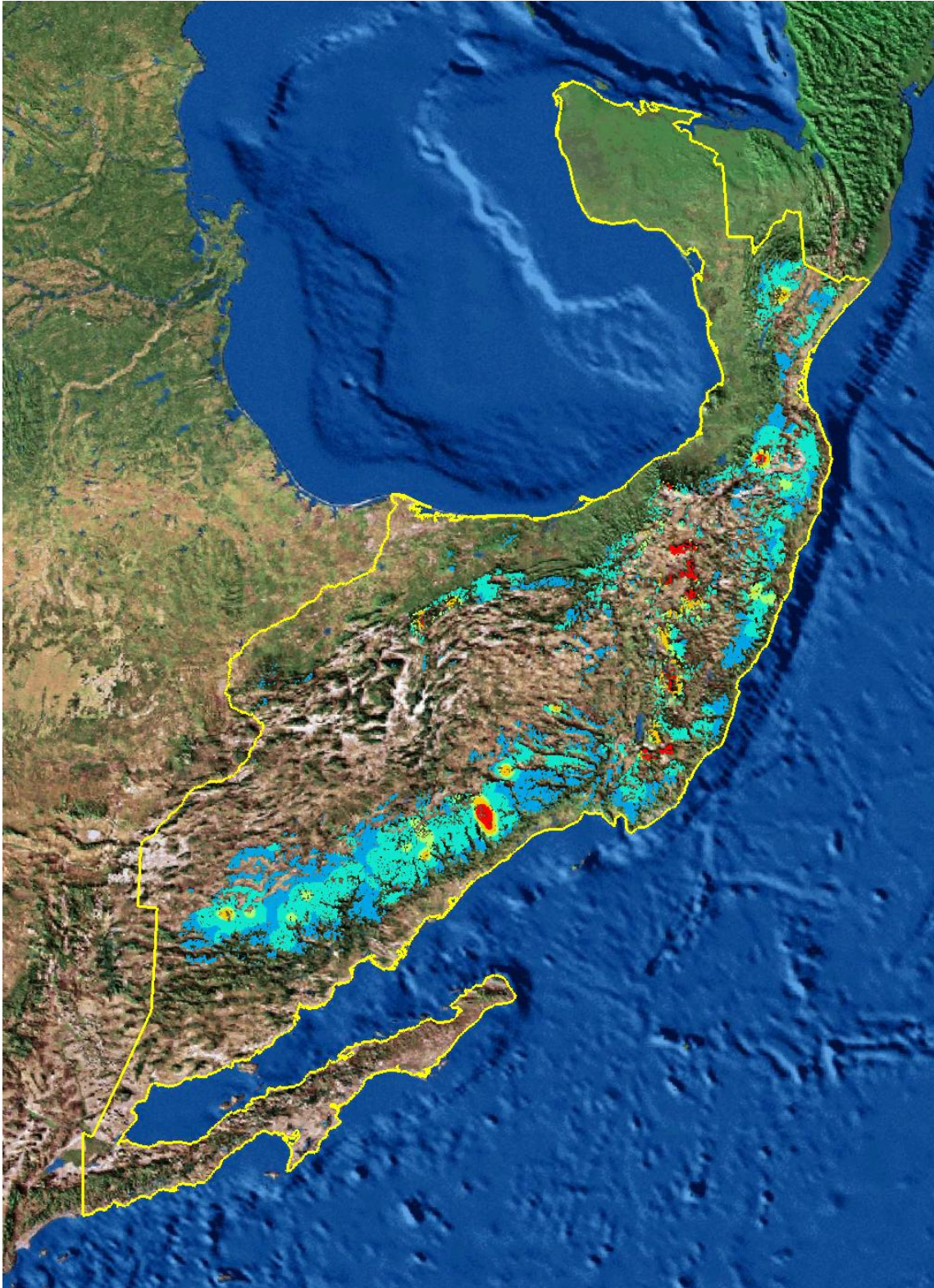


Fig. 27. Presión por descortezadores del género *Dendroctonus* sobre los bosques de pino en México. Baja (azul claro), media (amarillo), alta (rojo).

Fig. 27. Threat posed by bark beetles of the genus *Dendroctonus* on pine forests in México. Low (light blue), medium (yellow), high (red).

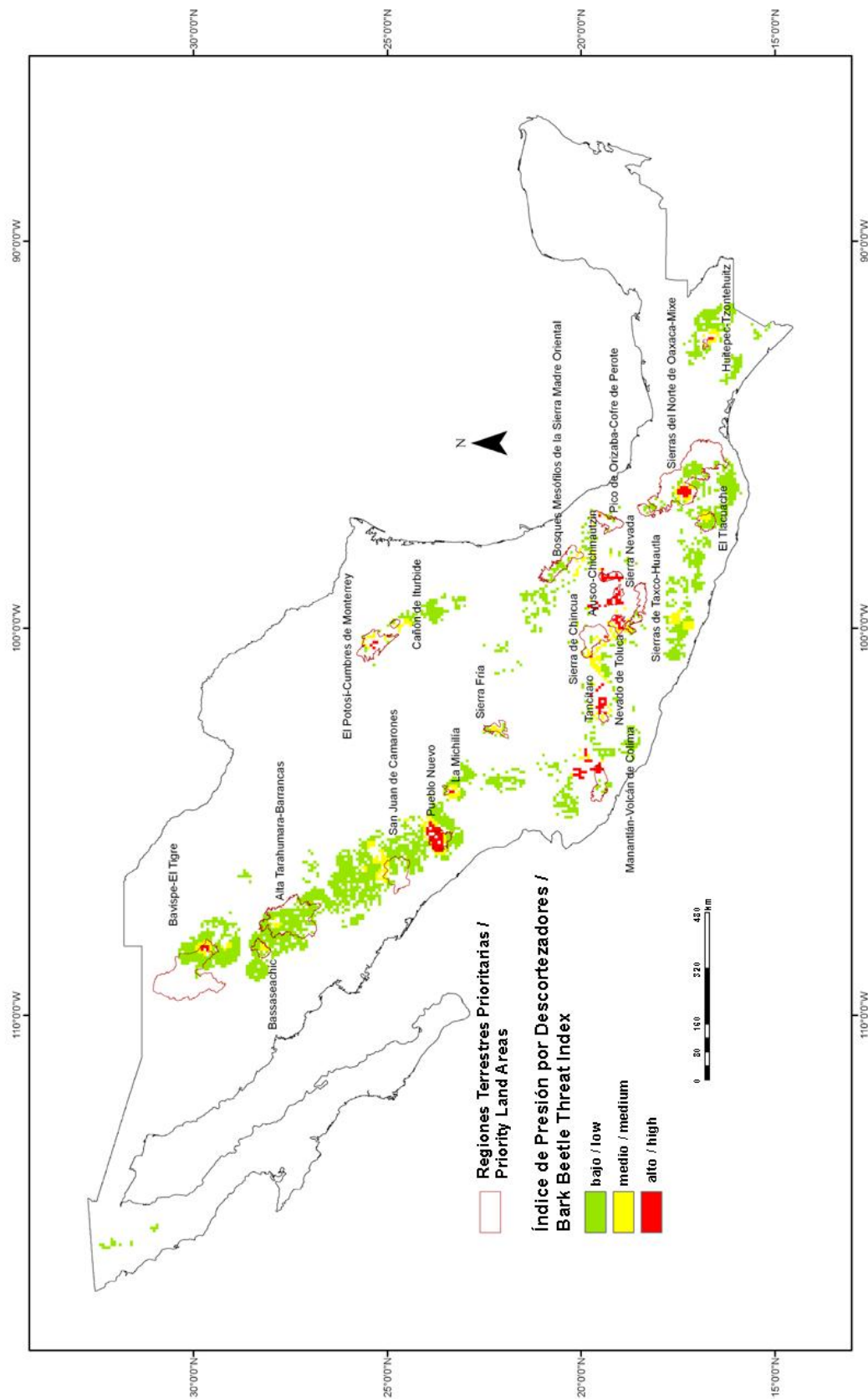


Fig. 28. Regiones Terrestres Prioritarias vulnerables con valores medios y altos en el Índice de Presión por Descortezadores.

Fig. 28. Vulnerable Priority Land Areas with high and moderate Bark Beetle Threat Index scores.

Cuadro 1. Porcentaje de incidencia de *Dendroctonus* en México sobre especies de pinos huésped.
 Table 1. Percent occurrence of *Dendroctonus* on host pine species in México.

<i>Pinus</i> / <i>Dendroctonus</i> *	adj	app	bre	fro	jef	mex	par	rhi	val	vit
<i>P. arizonica</i>	9.4	2.8	7.7			4	1.8	18.8	10.9	
<i>P. ayacahuite</i>	0.7	2.8	7.7			0.3			1.7	
<i>P. cembroides</i>						1.6		0.1	1.7	
<i>P. devoniana</i>		8.3		3.6		7.4	10.5		5.4	100
<i>P. douglasiana</i>	1.4	1.4		2.7		0.5	1.8		0.4	
<i>P. durangensis</i>	10.1	19.4	30.8			3.7	8.8	19.4	12.1	
<i>P. engelmannii</i>	0.7	6.9	30.8			2.4		41.4	5.4	
<i>P. greggii</i>				2.7		1.3			2.1	
<i>P. hartwegii</i>	58	11.1				0.8	1.8		2.5	
<i>P. herrerae</i>	1.4	2.8				1.6		3.2	0.4	
<i>P. jeffreyi</i>		1.4			100				6.3	
<i>P. lawsonnii</i>				1.8		0.5				
<i>P. leiophylla</i>	2.9	16.7	15.4	5.4		37.8	31.6	10.1	15.5	
<i>P. lumholtzii</i>		1.4				0.5		1.2	0.4	
<i>P. maximinoi</i>	0.7			4.5		1.1			0.4	
<i>P. montezumae</i>	4.3	1.4		2.7		6.6	14		9.2	
<i>P. oocarpa</i>	0.7	2.8		41.1		5	12.3	0.5	7.1	
<i>P. patula</i>	2.9	6.9				3.7			2.5	
<i>P. pinceana</i>	1.4					2.1				
<i>P. pringlei</i>	0.7			19.6			3.5		1.7	
<i>P. ponderosae</i>								0.1		
<i>P. pseudostrobus</i>	2.2	4.2		4.5		8.2	3.5		4.6	
<i>P. quadrifolia</i>									0.4	
<i>P. strobiformis</i>		1.4						0.8		
<i>P. strobus</i>									1.3	
<i>P. teocote</i>	2.2	8.3	7.7	11.6		10.8	10.5	4.2	7.9	

*(adj) *D. adjunctus*, (app) *D. approximatus*, (bre) *D. brevicomis*, (fro) *D. frontalis*, (jef) *D. jeffreyi*, (mex) *D. mexicanus*, (par) *D. parallelocollis*, (rhi) *D. rhizophagus*, (val) *D. valens* and (vit) *D. vitei*.

VALORES DE IPD SOBRE ESPECIES DE PINOS

Los valores del IPD que se representan en los siguientes mapas son resultado de la presencia de la especie huésped y la concurrencia de una o más especies de descortezadores dentro del área de distribución de cada especie de pino (Figs. 29-53). El valor en el IPD se incrementa de azul claro, amarillo a rojo.

IPD VALUES ON PINES SPECIES

The BBTI scores on the following maps are the result of the presence of the individual host species and the concurrent presence of one or more species of bark beetles within the range of distribution of each pine species (Figs. 29-53). BBTI scores increase from light blue, yellow to red.

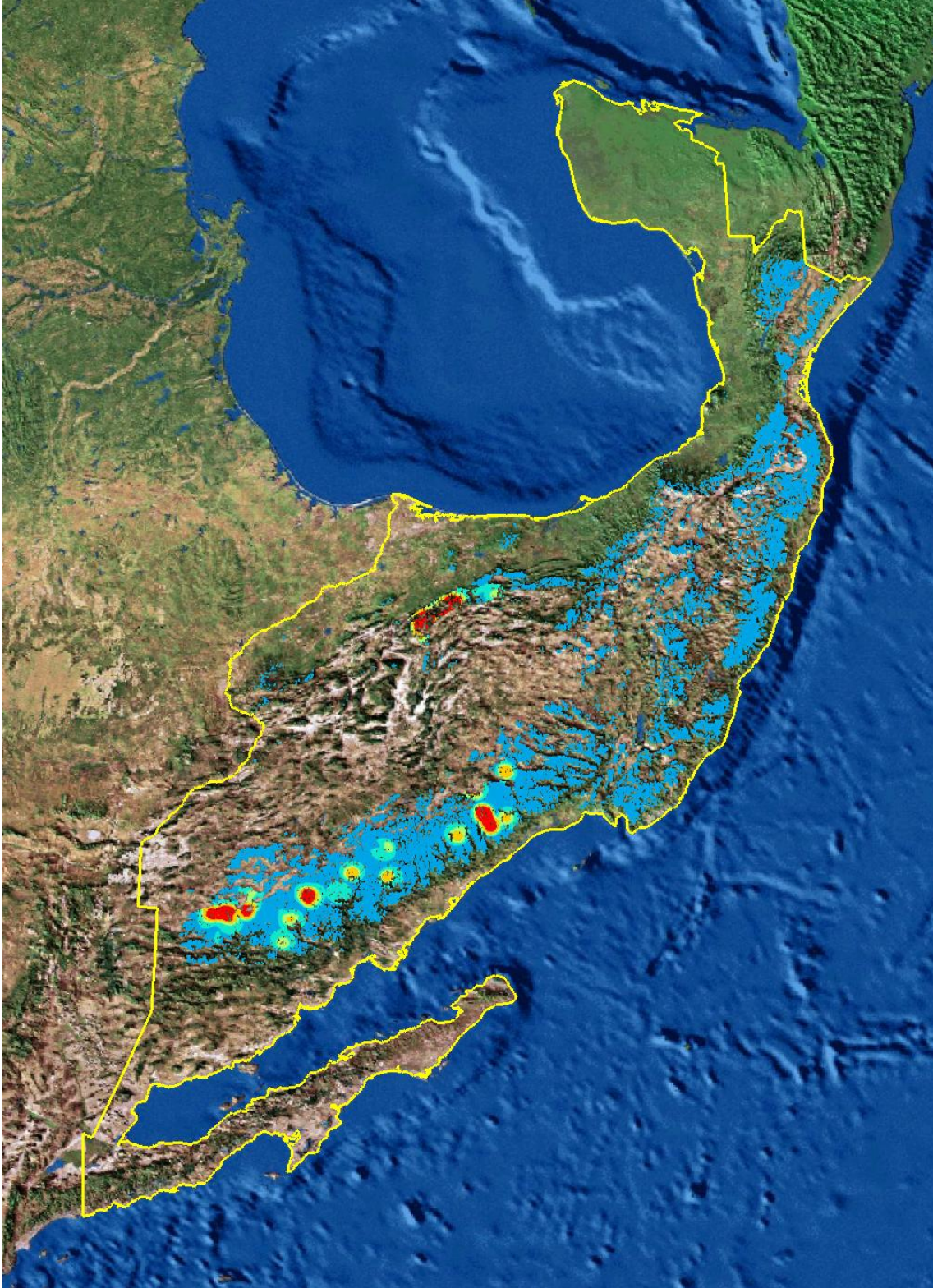


Fig. 29. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus arizonica*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 29. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus arizonica*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 30. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus ayacahuite*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 30. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus ayacahuite*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).

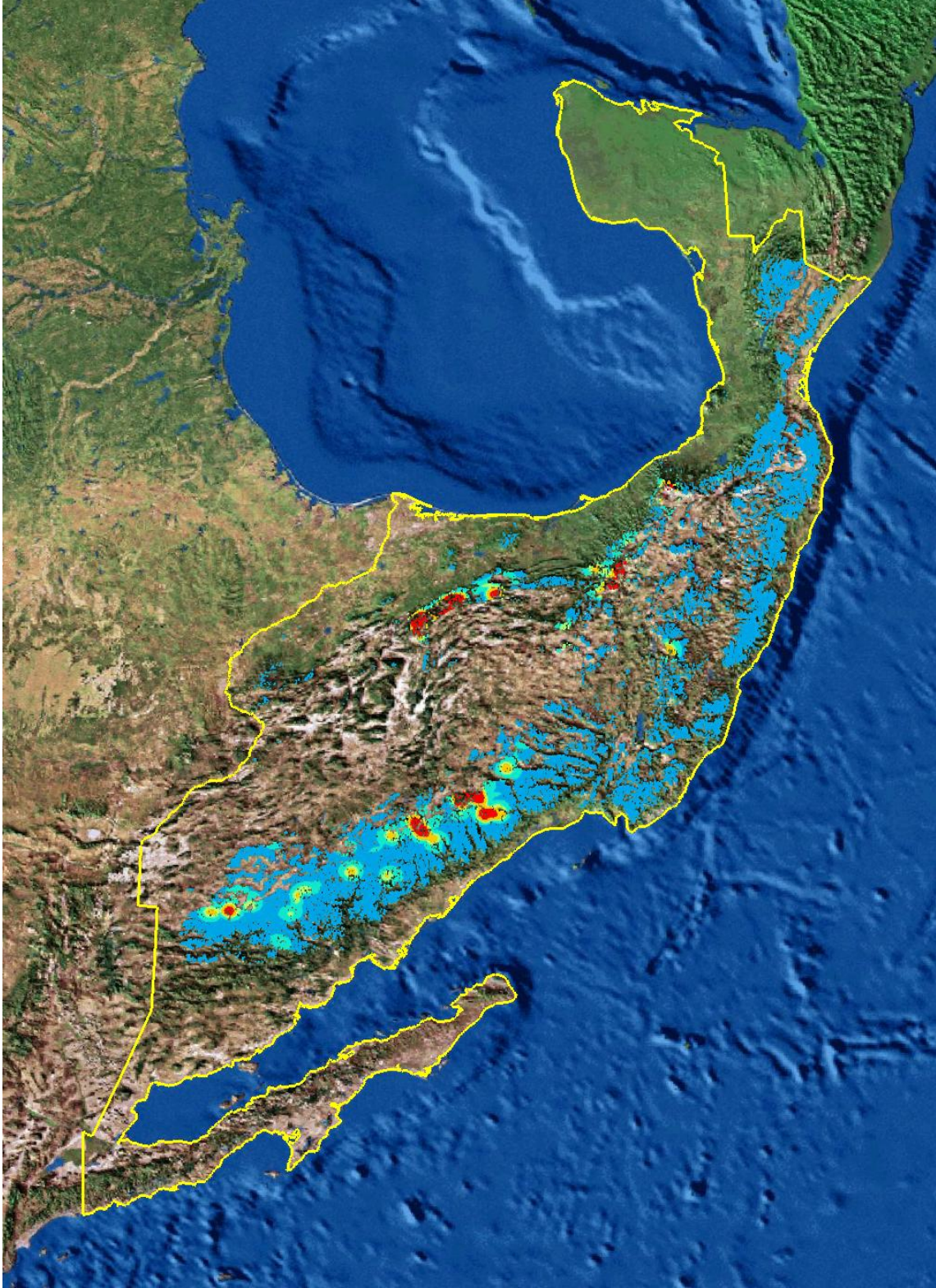


Fig. 31. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus cembroides*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 31. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus cembroides*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 32. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus devoniana*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto

Fig. 32. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus devoniana*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 33. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus douglasiana*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 33. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus douglasiana*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 34. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus durangensis*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 34. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus durangensis*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).

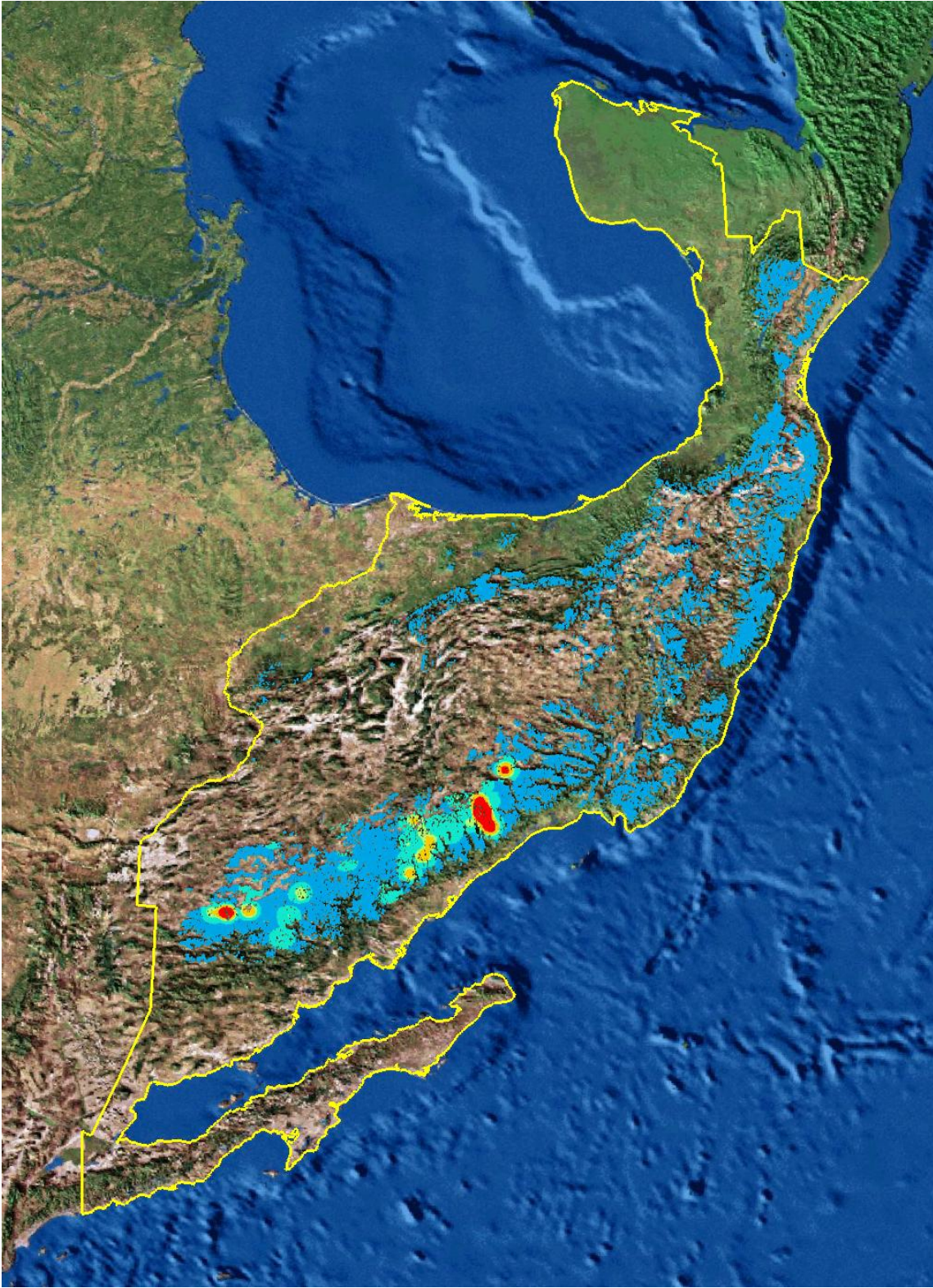


Fig. 35. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus engelmannii*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 35. Bark Beetle Threat Index for the range of distribution of *Pinus engelmannii*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 36. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus greggii*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 36. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus greggii*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 37. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus hartwegii*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 37. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus hartwegii*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 38. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus herrerae*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 38. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus herrerae*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 39. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus jeffreyi*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 39. Bark Beetle Threat Index for the range of distribution of *Pinus jeffreyi*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 40. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus lawsonii*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 40. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus lawsonii*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).

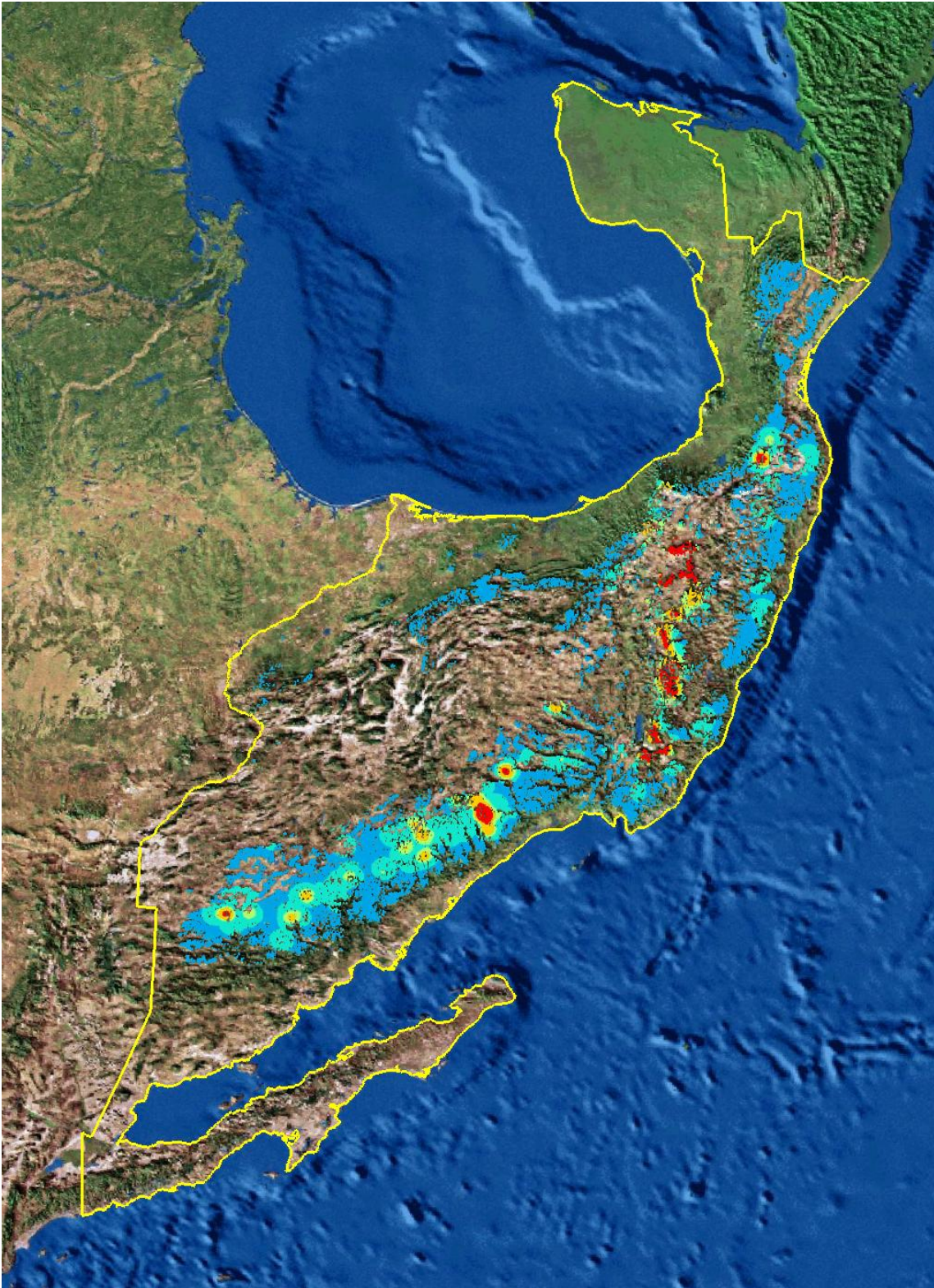


Fig. 41. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus leiophylla*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 41. Bark Beetle Threat Index for the range of distribution of *Pinus leiophylla*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).

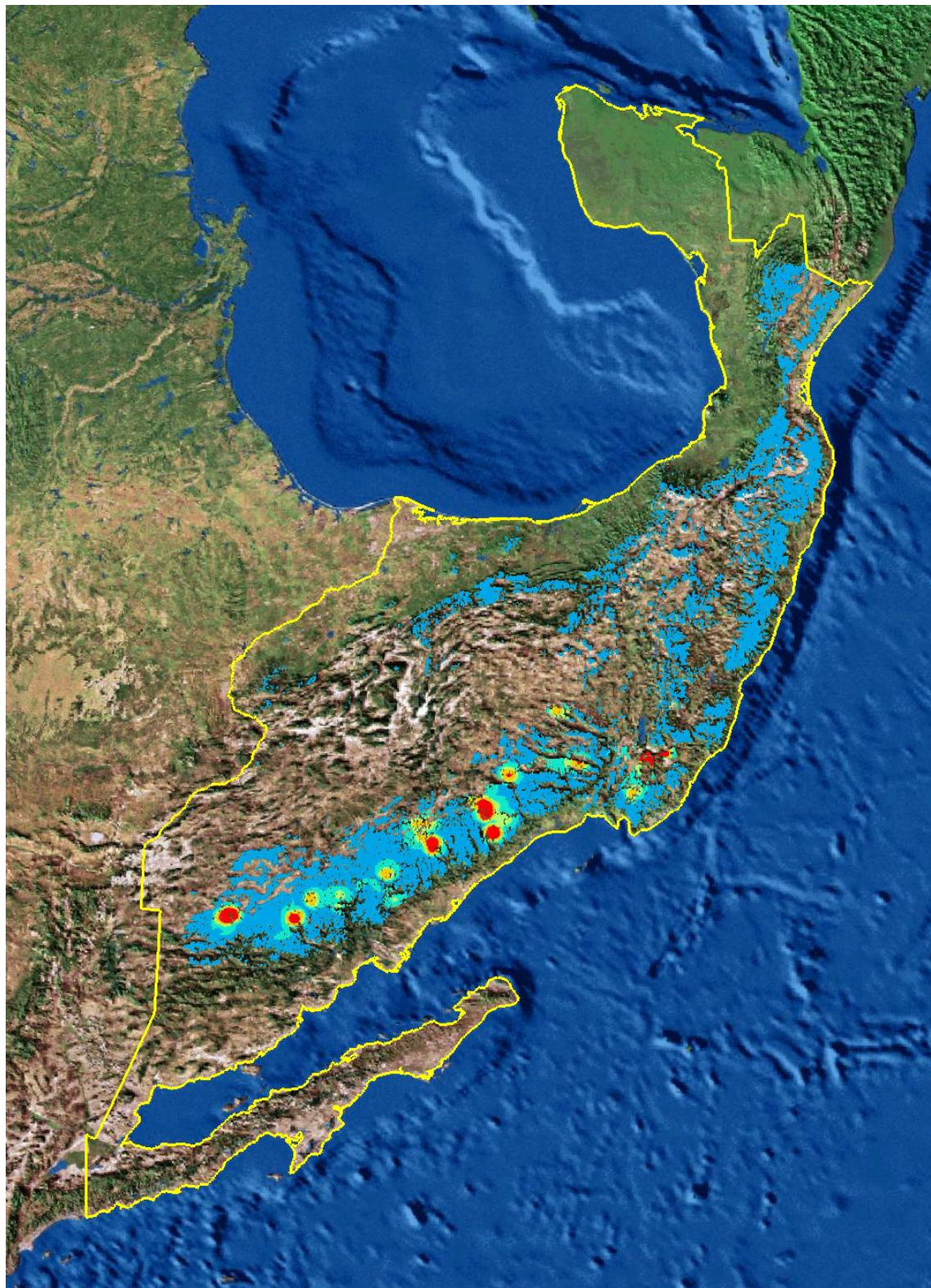


Fig. 42. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus lumholtzii*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 42. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus lumholtzii*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).

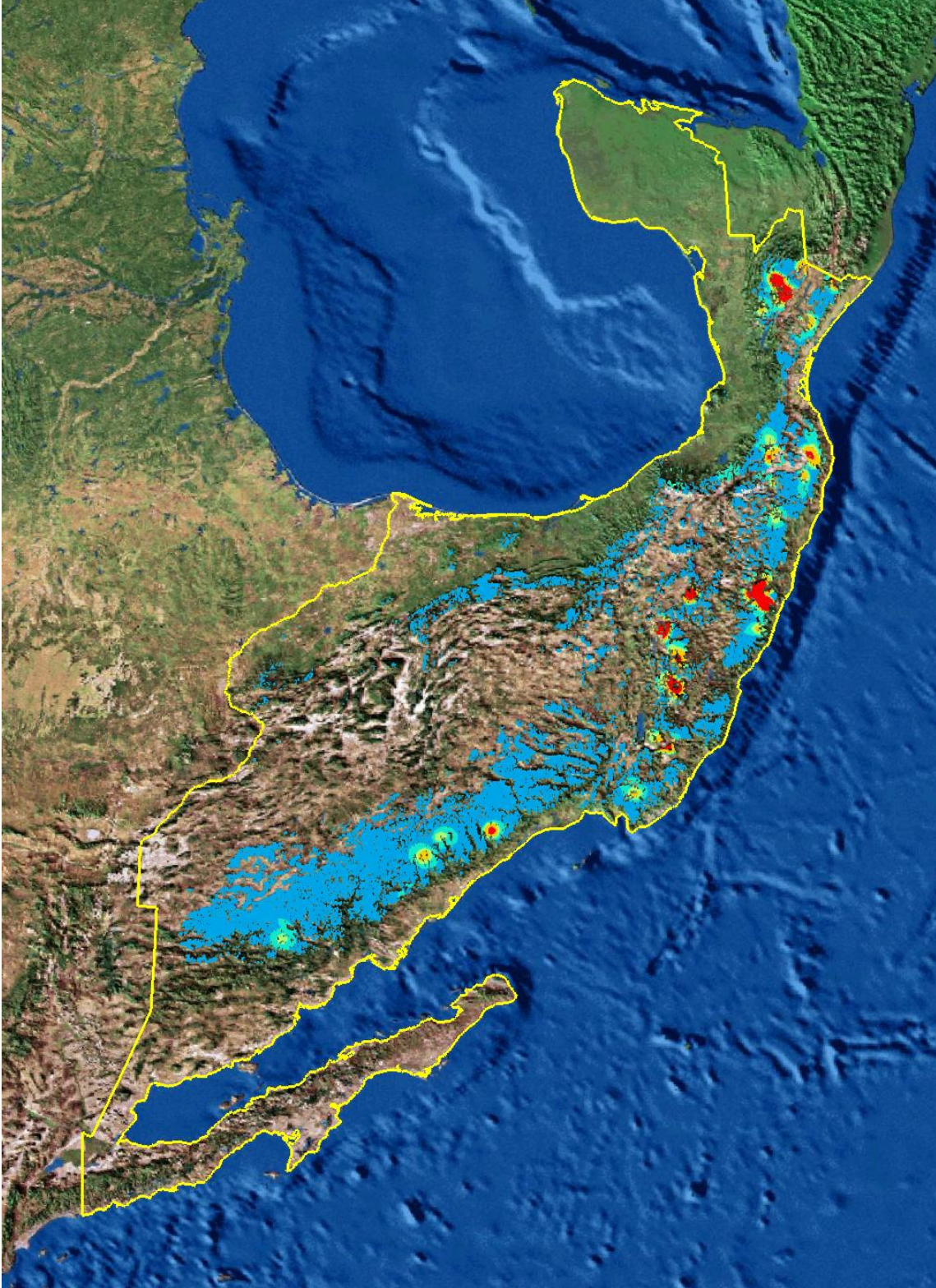


Fig. 43. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus maximinoi*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 43. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus maximinoi*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 44. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus montezumae*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 44. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus montezumae*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).

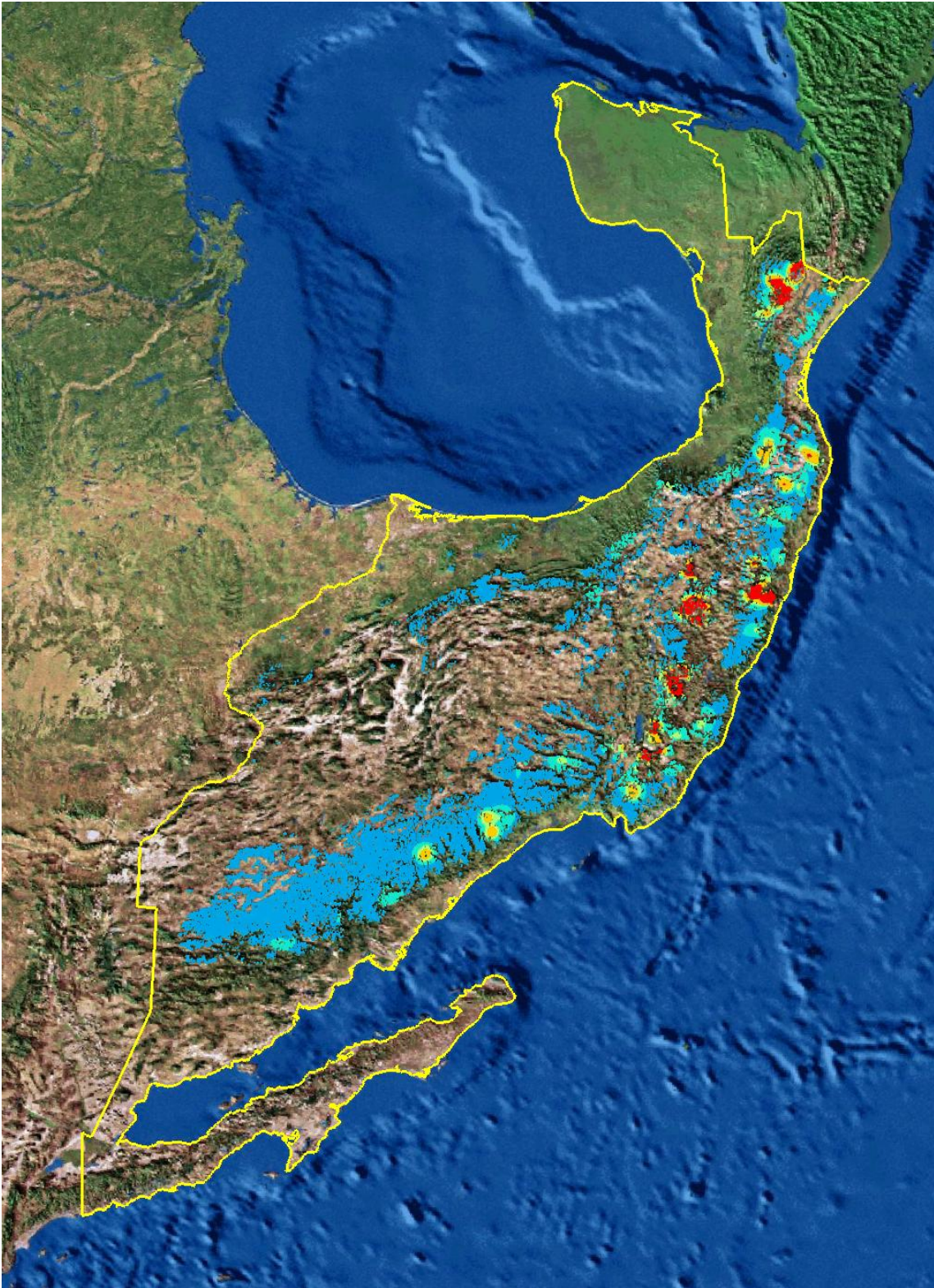


Fig. 45. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus oocarpa*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 45. Bark Beetle Threat Index for the range of distribution of *Pinus oocarpa*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 46. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus patula*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 46. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus patula*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 47. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus pinceana*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 47. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus pinceana*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 48. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus pringlei*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 48. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus pringlei*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 49. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus pseudostrabus*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 49. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus pseudostrabus*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 50. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus quadrifolia*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 50. Bark Beetle Threat Index for the range of distribution of *Pinus quadrifolia*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 51. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus strobiformis*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 51. Bark Beetle Threat Index for the range of distribution of *Pinus strobiformis*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).



Fig. 52. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus strobus*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 52. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus strobus*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).

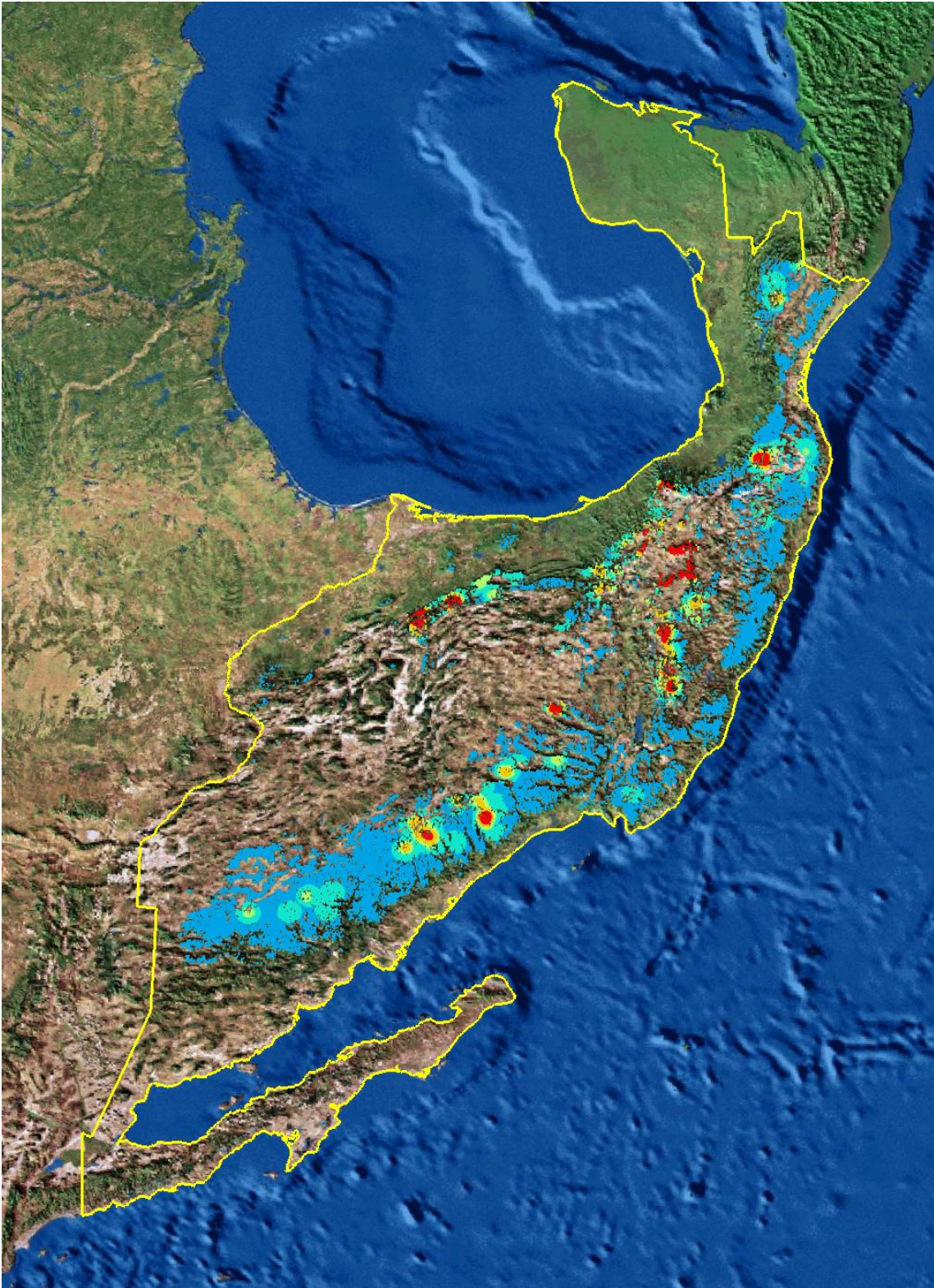


Fig. 53. Índice de Presión por Descortezadores sobre la distribución de *Pinus teocote*. Bajo (azul claro), medio (amarillo) y alto (rojo).

Fig. 53. Bark Beetle Threat Index for the distribution of *Pinus teocote*. Low (light blue), medium (yellow) and high (red).

V. LITERATURA CITADA / LITERATURE CITED

- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Austin, M. P. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling* 157:101-118.
- Busby, J. R. 1986. Bioclimate Prediction System (BIOCLIM) User's Manual Version 2.0. Canberra: Bureau of Flora and Fauna.
- Busby, J. R. 1991. BIOCLIM - a bioclimatic analysis and prediction system. In: Margules, C. R. and Austin, M. P. (eds.), *Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis*. CSIRO, *Plant Protection Quarterly* 6:8-9.
- Challenger, A. 1998. Utilización y Conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Cibrián, T. D., J. T. Méndez, R. Campos, H. O. Yates III y J. Flores. 1995. Insectos Forestales de México. Publicación # 6. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Elith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. S. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz y N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29:129-151.
- Farjon, A. y B. Styles. 1997. *Flora Neotropica*. Monograph 75. *Pinus* (Pinaceae). Organization for Flora Neotropica. New York Botanical Garden. NY. USA.
- Furniss, M. 2001. A new subspecies of *Dendroctonus* (Coleoptera: Scolytidae) from Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 94:21-25.
- Gudiño, G. J. L. 1985. Contribución al conocimiento de la distribución de los escarabajos del género *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae) en México. Tesis Profesional. Biólogo. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Guisan, A. y Hofer, U. 2003. Predicting reptile distributions at the mesoscale: relation to climate and topography. *Journal of Biogeography* 30:1233-1243.
- Hendrichs, N. J. P. 1977. Distribución ecológica y geográfica de las especies primarias de descortezadores de pino del género *Dendroctonus* (Coleoptera: Scolytidae) en México. Tesis Profesional Ingeniero Agrónomo. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. México.
- Lomolino, M. V., B. R. Riddle y J. H. Brown. 2006. *Biogeography*. Sinauer. MA. USA.
- Moser, J. C., B. A. Fitzgibbon y K. D. Klepzig. 2005. The Mexican pine beetle, *Dendroctonus mexicanus* (Coleoptera: Curculionidae): First record in the United States and co-occurrence with southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae). *Entomological News* 116(4):235-249.
- Perusquía, O. J. 1978. Descortezador de los pinos (*Dendroctonus* spp.). Taxonomía y distribución. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico No. 55. SARH. DGICF. México.
- Ruiz, E. A., J. Victor, J. I. Hayes y G. Zúñiga. 2009. Molecular and morphological analysis of *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae): an assessment of the taxonomic status of subspecies. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 102:00-00 (en prensa).

- Salinas-Moreno, Y., G. Mendoza Correa, M. A. Barrios, R. Cisneros, J. Macías-Sámano y G. Zúñiga. 2004. Areography of the genus *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae) in Mexico. *Journal of Biogeography*. 31:1163-1177.
- Salinas-Moreno, Y., A. Ager, C. F. Vargas Mendoza, J. L. Hayes y G. Zúñiga. Pressure index by bark beetles from the genus *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in pine forests of Mexico (en preparación).
- Sánchez, O., E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. 2003. Conservación de los ecosistemas templados de montaña en México. Instituto Nacional de Ecología. México.
- SEMARNAT. 2005. Capítulo 5. Aprovechamiento de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre. SEMARNAT, Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Disponible en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/pdf/cap5.pdf
- Villaseñor, J. L y O. Téllez-Valdés. 2004. Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 75:205-220.
- Wood, S. L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae). *Great Basin Naturalist Memoirs* 6:1-1359.
- Yang, Z., J. Sun, O. Don y Z. Zhang. 2005. The red turpentine beetle, *Dendroctonus valens* Le Conte (Scolytidae) an exotic invasive pest of pine in China. *Biodiversity and Conservation* 14:1735-1760.
- Zúñiga, G., R. Cisneros y Y. Salinas-Moreno. 1995. Coexistencia de *Dendroctonus frontalis* Zimmerman y *Dendroctonus mexicanus* Hopkins (Coleoptera: Scolytidae) sobre un mismo hospedero. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)*. 64:59-62.
- Zúñiga, G., G. Mendoza Correa, R. Cisneros y Y. Salinas-Moreno. 1999. Zonas de sobreposición en las áreas de distribución geográfica de las especies mexicanas de *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae) y sus implicaciones ecológico-evolutivas. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 77:1-22.
- Zúñiga, G., R. Cisneros, J. L. Hayes y J. Macías-Sámano. 2002. Karyology, geographic distribution and the origin of the genus *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae). *Annals of the Entomological Society of America* 95:267-275.

VI. ANEXO 1 / APPENDIX 1

LISTA DE HERBARIOS CONSULTADOS / LIST OF CONSULTED HERBARIA

Acrónimos / Acronyms	Herbario / Herbarium
A	Arnold Arboretum de la Universidad de Harvard en Cambridge Massachussets, EUA
ANSM	Herbario de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México
ARIZ	Herbario de la Universidad de Arizona, EUA
BCMEX	Herbario de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja
California,	México
CHAP	Herbario de la Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México
CICY	Herbario del Centro de Investigación Científica de Yucatán, México
CIIDIR	Herbario del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN. Durango, México
EAP	Herbario Paul C. Standley. Honduras
ENCB	Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. México
FHO	Herbario Forestal de la Universidad de Oxford. Inglaterra
GH	Herbario de la Universidad de Harvard. EUA
IBUG	Herbario del Instituto de Botánica. Universidad de Guadalajara. México
IEB	Herbario del Instituto de Ecología-Bajío, A. C., México
INIF	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México
LL, TEX	Herbario de Universidad de Texas, Austin. EUA
MEXU	Herbario Nacional del Instituto de Ecología, UNAM. México
MICH	Herbario de la Universidad de Michigan, Ann Arbor Michigan. EUA
MO	w3 Trópicos, Jardín Botánico de Missouri. EUA
UANL	Herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. México
UNM	Herbario de la Universidad de Nuevo México. EUA
USON	Herbario de la Universidad de Sonora. México
XAL	Herbario del Instituto de Ecología, A. C. Xalapa. México

VI. ANEXO 2 / APPENDIX 2**LISTA DE SITIOS Y COLECCIONES ENTOMOLÓGICAS CONSULTADAS
LIST OF CONSULTED SITES AND CONSULTED INSECT COLLECTIONS**

- § Colección del Centro de Entomología y Acarología. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. México.
- § Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México.
- § Colección Nacional de Insectos de Canadá (CNC-Ottawa). Canadá.
- § Colección Científica de Entomología Forestal. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México.
- § Colección de Insectos de Importancia Forestal. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. México.
- § Colección Nacional de Insectos. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- § Colección Nacional de Insectos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México.
- § Colección Entomológica. Instituto de Silvicultura, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- § Colección Nacional de Insectos “Dr. Alfredo Barrera Marín”. Museo de Historia Natural de la Ciudad de México. México.
- § Laboratorio de Análisis y Referencia en Sanidad Forestal. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México.
- § Dirección General de Sanidad Vegetal. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México.

VI. ANEXO 3 / APPENDIX 3

ÍNDICE DE PRESIÓN POR DESCORTEZADORES (IPD)

$$IPD_{xy} = \sum [(P_{xy}) \times (HP_{xy}) \times (D_{xy})]$$

Donde:

(P_{xy}) es la densidad de kernel de una especie de pino, (HP_{xy}) la preferencia de una especie de escarabajo por el huésped y (D_{xy}) la densidad de kernel de la especie de escarabajo, todo calculado para cada celda del grid o píxel.

La densidad de kernel se calculó para cada celda de un tamaño de área predeterminado, sumando los puntos que caen alrededor de la celda dentro de un radio de búsqueda elegido y dividiéndolo entre el tamaño del área de la celda. Los puntos más cercanos al centro de la celda son ponderados con un valor más alto que aquellos que caen cerca del borde. El resultado es una distribución suavizada de valores.

BARK BEETLE THREAT INDEX (BBTI)

$$BBTI_{xy} = \sum [(P_{xy}) \times (HP_{xy}) \times (D_{xy})]$$

where:

(P_{xy}) is the kernel density of a pine species, (HP_{xy}) is the preference of a bark beetle species for the host, and (D_{xy}) is the kernel density of the bark beetle species, all estimated for each grid cell or pixel.

Kernel density was estimated for each grid cell of predetermined surface area by adding the points of collection around a grid cell within a chosen search radius and dividing the number of points by the area of the grid cell. Points nearest the center of the grid cell were assigned a higher value than points near the perimeter. The result is a smoother distribution curve.