

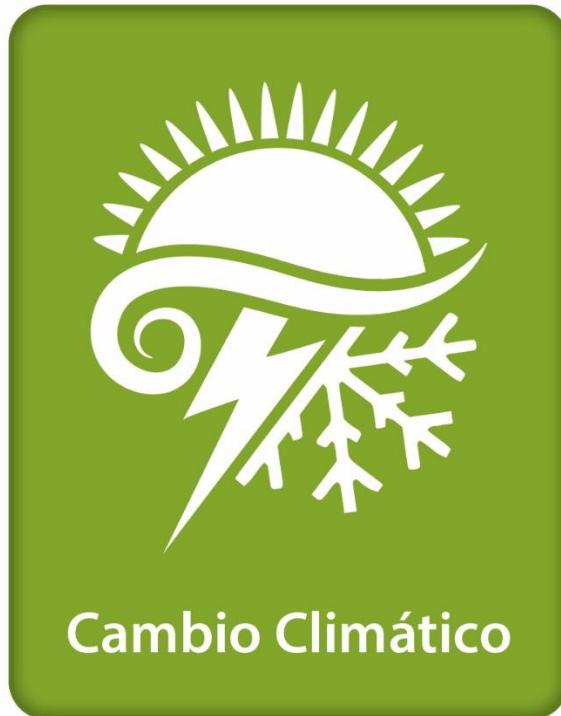


## **RED TEMÁTICA EN SALUD FORESTAL:**

*Línea de investigación:*  
Cambio Climático y Plagas

Informe 2016:

Estado del Arte de la línea Cambio Climático y Plagas



**Coordinador de línea:**  
Dr. Guillermo Sánchez Martínez

Texcoco, Edo. de México, Diciembre de 2016

# El estado del arte sobre el cambio climático y su efecto en el comportamiento de las plagas forestales de importancia económica y ecológica para México

## CONTENIDO

### Introducción

Guillermo Sánchez Martínez

En los últimos años, una de las principales tendencias de investigación en materia de salud forestal a nivel internacional ha sido hacia el estudio del impacto del cambio climático en el comportamiento de insectos y patógenos que inciden directamente en la vitalidad los bosques. Varios especialistas afirman que el cambio climático está ya afectando el desarrollo biológico y la dinámica de población de insectos plaga en varias partes del mundo, incluyendo México (Bentz et al. 2010, Allen et al. 2010). Existen casos recientes de comportamientos inusuales de insectos y patógenos que han causado una mortalidad sin precedente de millones de árboles en millones de hectáreas (Bentz et al. 2010). Dicha mortalidad masiva, además de afectar la producción maderable, afecta el funcionamiento de los ecosistemas forestales, la composición de las comunidades vegetales y de animales silvestres, y la provisión de los servicios ambientales y recreativos inherentes a un bosque saludable.

Algunos investigadores, ante el cambio climático, pronostican el aumento de generaciones por año de insectos plaga y la colonización de especies en nuevas zonas geográficas (Williams y Liebhold 2002, Carroll et al. 2003, Bentz et al. 2010). En México, en la última década se han presentado brotes epidémicos atípicos de insectos descortezadores y defoliadores en la Sierra Madre Occidental (Chihuahua, Durango, Aguascalientes), Sierra Madre Oriental (Coahuila, Nuevo León, Querétaro, Tamaulipas), Eje Volcánico Transversal (Michoacán, Jalisco) y Sierra Madre del Sur (Oaxaca, Guerrero, Chiapas), así como enfermedades que causan declinamiento y defoliación (Guanajuato, Colima, Puebla); no obstante, la investigación específica sobre el cambio climático como factor causal o contribuyente del comportamiento atípico de insectos y patógenos es incipiente en México y, ante tal necesidad, existe una oportunidad para la Red de



Investigación en Salud Forestal, de impulsar esta línea de investigación en nuestro país, cuyos resultados permitan desarrollar estrategias de manejo silvícola que prevengan y minimicen la mortalidad y declinamiento de la vegetación de nuestros bosques ante diversos escenarios de cambio climático.

#### Literatura citada

Allen, C. D., A. K. Makalady, H. Chenchouni, D. Bachelet, N. McDowell, N. Vennetier, T. Kitzberger, A. Rigling, D. D. Breshears, E. H. Hogg et al. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*. 259: 660-684.

Bentz, B. J. Bentz, J. Régnière, C. J. Fettig, E. M. Hansen, J. L. Hayes, J. A. Hicke, Rick G. K., J. F. Negrón, and S. J. Seybold. 2010. Climate change and bark beetles of the western United States and Canada: Direct and indirect effects. *Bioscience* 60 (8): 602-613.

Carroll, A. L., S. W. Taylor, J. Regniere, and L. Safranyik. 2003. Effect of climate change on range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia. *The Bark Beetles, Fuels, and Fire Bibliography*. Paper 195.

Williams, D. W. and A. M. Liebhold. 2002. Climate change and the outbreak range of two north American bark beetles. *Agricultural and Forest Entomology* 4: 87-99.

#### Importancia ecológica de insectos del bosque

David Cibrián Tovar y colaboradores

Los insectos forman parte de los ecosistemas forestales, están presentes desde los inicios de una sucesión ecológica, a la cual influyen, directa o indirectamente, y lo hacen en la producción de materia vegetal, en los flujos de energía (e.g. circulación de nutrientes) y en la diversidad, distribución y abundancia de las plantas. Su papel ecosistémico es permanente, con la herviboría como principal interfase entre ellos y sus hospedantes. De esta relación se crea una red compleja de interacciones, que culmina en redes tróficas bien establecidas y que orientan la sucesión ecológica. La importancia ecológica de los insectos se puede constatar al comparar la homeostasis que ocurre en los ambientes naturales con aquella de los agroecosistemas; en los primeros las poblaciones de insectos y sus asociados se mantienen a niveles tales que solo



ocasionalmente y bajo la influencia de condiciones climáticas o de mal o ausente manejo forestal, alcanzan tamaños suficientes para considerarlos con un efecto en el funcionamiento del ecosistema; en cambio en los ambientes forestales modificados o creados, como viveros, plantaciones o árboles en ambientes urbanos, los factores de regulación están disminuidos y en casos extremos ausentes, permitiendo el frecuente desarrollo poblacional alto que dados los objetivos productivos o la inversión hecha en estos ambientes (o escenarios forestales), estas poblaciones se conforman en plagas que es necesario combatir. Esto es aún más evidente en los agroecosistemas, en los que se hace indispensable una intervención humana constante.

Los insectos participan con funciones importantes en el ambiente, principalmente en su relación con las plantas, participan en la polinización de muchas especies, en la eliminación de individuos suprimidos o débiles, en el reciclamiento de nutrientes e influencian las tasas de crecimiento y conformación de sus hospedantes vegetales. A su vez los insectos son utilizados por los consumidores secundarios y permiten el establecimiento de las cadenas tróficas. Los insectos fitófagos son depredados o parasitados por otros insectos adaptados para ello, son los consumidores de segundo orden y son responsables de la regulación poblacional de herbívoros, incluso hay hiperparasitoides que ocuparán un tercer nivel trófico.

Un ejemplo de la relación con plantas es el de las hormigas arrieras de los ambientes tropicales; en las selvas del trópico americano cosechan hojas de hasta el 50 % de las especies presentes y remueven y utilizan hasta el 15% del total de hojas producidas en ese ambiente, esta herbivoría presiona o influye la diversidad ecológica y al abrir espacios permite desarrollo de nuevas especies. Otro ejemplo ocurre en los bosques de encino afectados por avispas agalladoras, sus infestaciones crónicas dan lugar a copas multiramificadas, deformadas, abiertas y de menor porte que los árboles no afectados y que quizás provean a esos individuos con una mayor superficie fotosintética.

Los insectos se caracterizan por presentar alta eficiencia ecológica, ya que tienen alta tasa de ingesta, pero baja tasa de asimilación; es decir, que gran parte de la materia ingerida pasa sin ser digerida y se deposita como excrementos en el suelo, permitiendo el desarrollo de otros organismos descomponedores; por ejemplo, durante infestaciones de insectos defoliadores, como las moscas sierras, diprionidos, que son capaces de defoliar árboles en cientos o miles de hectáreas, los excrementos de sus enormes poblaciones contienen nutrientes no utilizados por ellos, lo cual beneficia a la cadena de saprófagos en el suelo (REFERENCIAS). En contraste los vertebrados de sangre caliente tienen una tasa alta tasas de ingesta y de asimilación, lo que los



hace de baja eficiencia ecológica. En el cuadro se muestra un ejemplo de Odum et al. 1962, quienes trabajaron en un campo abandonado y en las primeras etapas de la sucesión, estudiaron los flujos de energía de tres consumidores primarios, un ave (*Passerculus sandwichensis*), un ratón (*Peromyscus polionotus*), ambos consumidores de semillas; y los chapulines comedores de follaje (*Melanoplus femur-rubrum* y *Melanoplus bimaculatus*) así como el grillo de los árboles *Oecanthus nigricornis*. Los flujos de energía promedios de los tres grupos fueron: para las aves de 3.6 kcal/m<sup>2</sup>, para los ratones de 6.7 kcal/m<sup>2</sup> y para los ortópteros de 25.6 kcal/m<sup>2</sup>, lo que demuestra la gran importancia que tienen los insectos en el nivel trófico de los herbívoros.

Los insectos consumidores de hojas afectan la producción de biomasa y la síntesis bioquímica, con ello disminuyen la producción de materia orgánica y reducen las tasas de evapotranspiración y de fotosíntesis. Cuando causan defoliación entre más joven sea la planta atacada, mayor será el impacto en ella, reduciendo su capacidad competitiva e incluso pudiendo causar su muerte; en contraste, en plantas maduras una defoliación ligera puede estimular el crecimiento al promover el desarrollo de nuevos brotes revitalizando al individuo. A través del tiempo los insectos representan una de las fuerzas de selección natural en favor de las especies más aptas para un sitio (REFERENCIAS).

Los insectos fitófagos por medio de sus excrementos, porciones del material vegetal o sus propios cuerpos, proveen al suelo con nutrientes, estos materiales aportan, entre otros elementos, nitrógeno, el cual estimula el proceso de nitrificación y el desarrollo de raíces. En la hojarasca y las primeras capas del suelo existen insectos y otros artrópodos con hábitos detritívoros, coprófagos y descomponedores, entre todos fracturan mecánica y químicamente los detritos, poniéndolos a disposición de otros microrganismos, como bacterias, hongos y nematodos (REFERENCIAS). Los barrenadores de madera recién muerta o ya descompuesta, en conjunto con sus microrganismos simbiontes, aceleran la descomposición y permiten su reducción a humus disponible a las plantas. Cada vez está más documentado el papel que juegan los grupos de barrenadores de la madera como los termes, las hormigas carpinteras, los escarabeidos y pasálidos en su degradación y descomposición de troncos caídos. En los ambientes tropicales los termes son particularmente importantes porque, con sus propios sistemas enzimáticos o por medio de sus microorganismos asociados, logran descomponer la celulosa, sustancia que además de ser parte importante de la madera, también está en los residuos de hojas o en los excrementos de herbívoros que solo se alimentaron del contenido celular de las plantas, con ello facilitan el retorno del carbono al ciclo natural.



Los insectos contribuyen en la dispersión de polen, frutos y semillas, es conocida la importancia de las abejas, avispas, abejorros y muchas especies de moscas en la polinización de muchas especies de plantas. También las hormigas son importantes acarreadoras de semillas, según Lengyel y colaboradores (2010), plantas de más de 80 familias utilizan este mecanismo, para facilitar su transporte, ellas tienen eleosomas los cuales son adaptaciones morfológicas, apéndices ricos en sustancias lipídicas que se utilizan como alimento, las hormigas contribuyen en la dispersión incluso enterrando parcialmente la semilla; con ello modifican el banco de semillas.

### **El concepto plaga forestal y el concepto salud forestal**

David Cibrián Tovar y equipo, Oscar Trejo Ramírez, Guillermo Sánchez Martínez

En los países desarrollados, el término “forest pest management” ha sido reemplazado por el de “forest health” que es más amplio. Sin embargo, si bien en el idioma español estos términos se pueden traducir a “manejo de plagas forestales” y “salud forestal”, respectivamente, el primero es usado más ampliamente como “sanidad forestal” por agencias gubernamentales y programas oficiales (CONAFOR, México; INAB, Guatemala; ICF, Honduras). En varias ocasiones, el término salud forestal, se ha convertido de facto en un reemplazo del término de sanidad forestal. Esto pudiera ser correcto siempre y cuando se entendiera la dimensión del nuevo término. Sin embargo, al menos en México y Centroamérica, el término salud forestal sigue siendo empleado, legislado y operado como manejo de plagas forestales (lo que incluye enfermedades y plantas parásitas) y como lo veremos más adelante, los profesionales encargados de esta actividad son así formados por las instituciones académicas.

El uso del concepto de salud forestal es relevante dentro del manejo de recursos naturales. Sin embargo, su definición depende en mucho de la perspectiva humana (Teal y Castello 2011). Desde un punto de vista utilitario, la salud forestal se ha definido como la producción de las condiciones forestales que directamente satisfagan las necesidades humanas. Desde un punto de vista de ecosistemas, el concepto es definido por la resiliencia, la recurrencia, la persistencia y por los procesos biofísicos que llevan a las condiciones de sustentabilidad ecológica (Trumbore et al. 2015). La definición y el entendimiento de la salud forestal son también dependientes de la escala espacial, lo que lleva a una ambigüedad asociada con el incremento de las superficies y el número de árboles involucrados (Kolb et al. 1995, Sugden et al. 2015). Las anteriores definiciones dejan de ser muy claras, y lo que es más, varios de los parámetros utilizados son difíciles de medir (Teal y Castello 2011). Manion y Griffith (2001 en Teal y Costello 2011) definen



un ecosistema forestal como saludable, sustentable y maduro cuando este mantiene una estabilidad de la relación entre estructura y tamaño, por medio del balance entre su crecimiento y su mortalidad. A partir de este concepto, Teal y Castello (2011) desarrollan el concepto de mortalidad basal que provee con un método ecológicamente fundamentado para evaluar la sustentabilidad de cualquier bosque al determinar si la mortalidad causada por algún agente de disturbio causa inestabilidad en el sistema. Los autores sostienen que cualquier bosque presenta varios grados de mortalidad y que el que esta ocurra no implica que sea un sistema no saludable.

Dado el desarrollo del manejo de recursos forestal existente en la región formada por México y Centroamérica, pudiera ser más claro al menos por el momento, el usar los términos salud y sanidad forestal por separado, y ponerlos en un contexto económico y ecológico, respectivamente. Sobre todo, en esta región en donde los aspectos sociales y económico definen de facto el uso de los recursos forestales y de la manera de cómo se utilizan los recursos económicos para su manejo. Y en donde los aspectos ambientales son relegados y en el mejor de los casos únicamente legislados bajo parámetros no muy claros y mucho menos reforzados con planes operativos adecuados.

Debido a que estos dos conceptos dependen del valor que tiene un determinado recurso forestal, ellos deberían de ser las bases sobre las cuales se defina el estatus de plaga. Y ello, esta intrínsecamente ligado al tipo de escenario forestales en que se encuentren y por ende en los objetivos que se busquen de ellos.

### Evidencias del cambio climático

Tomás Hernández Tejeda, Víctor Arriola Padilla, Ramiro Pérez Miranda y Oscar Trejo Ramírez

El Grupo de Trabajo I del Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático señala los siguientes hallazgos sobre los cambios observados en el sistema climático de nuestro planeta:

- 1) Los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálidos en la superficie del planeta, que cualquier decenio anterior, desde 1850.
- 2) La temperatura media global de la superficie terrestre y oceánica muestra un calentamiento de 0.85° C durante el periodo 1880-2012.

- 3) Desde alrededor de 1950 se han observado cambios en numerosos fenómenos meteorológicos y climatológicos extremos. Es muy probable que el número de días y noches fríos haya disminuido y que el número de días y noches cálidos haya aumentado a escala mundial, y es probable que en gran parte de Europa, Asia y Australia haya aumentado la frecuencia de las olas de calor.
- 4) Es probable que existan más regiones en las que haya aumentado el número de sucesos de precipitaciones intensas que en las que haya disminuido, y es probable que la frecuencia e intensidad de las precipitaciones intensas haya aumentado en América del Norte y Europa.

### **Calentamiento del océano**

- 1) A nivel global el calentamiento del océano es mayor cerca de la superficie. Es prácticamente seguro que la capa superior del océano (75 m superiores) se haya calentado entre 1971 y 2010.
- 2) La absorción de cerca del 30% del CO<sub>2</sub> atmosférico, está causando su mayor acidificación.
- 3) El CO<sub>2</sub> emitido por actividades humanas también se acumula en los océanos, y cambia la química de sus aguas. El CO<sub>2</sub> reacciona con el agua de mar para formar ácido carbónico. Si el nivel de acidez se eleva, el agua del océano se torna corrosiva, lo que literalmente disuelve las conchas, caparazones y esqueletos de muchas especies marinas.

### **Derretimiento de la nieve y mantos de hielo**

- 1) En las últimas dos décadas, las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida han ido perdiendo masa; los glaciares han continuado disminuyendo en casi todo el mundo y el hielo del Ártico y el manto de nieve en primavera en el hemisferio norte se siguen reduciendo.



- 2) Las cubiertas de nieve se retraen mucho más pronto en la primavera; se han reportado reducciones en el permafrost y disminuciones en las cubiertas de hielo en las regiones donde la tierra, lagos y ríos se congelaban en ciertas temporadas del año. Porciones importantes de las capas de hielo de las regiones costeras de Groenlandia y la Antártida han perdido volumen.
- 3) Los glaciares de muchas cadenas montañosas están desapareciendo, como consecuencia de los aumentos de la temperatura atmosférica de las últimas décadas.

### Elevación del nivel del mar

- 1) Desde mediados del año 1950, el ritmo de la elevación del nivel del mar ha sido superior a la media de los dos últimos milenios. Durante el periodo 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0.19 cm.
- 2) Hay dos factores principales relacionados con el cambio climático que han producido el aumento del nivel del mar en el planeta:
  - a) **El calentamiento del océano**

El calentamiento del océano hace que el agua se expanda y consecuentemente que aumente el nivel del mar.

#### b) **El derretimiento de los glaciares y los mantos de hielo**

Al derretirse los glaciares y los mantos de hielo del planeta se transforman en agua líquida; al llegar al océano, estas aguas promueven el aumento del nivel del mar.

Más información de evidencias del cambio climático en el **Quinto Informe de Evaluación** ([https://www.ipcc.ch/report/ar5/index\\_es.shtml](https://www.ipcc.ch/report/ar5/index_es.shtml)) del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

### Modelos y escenarios del cambio climático

Ramiro Pérez Miranda y Tomás Hernández Tejeda



El clima de la Tierra siempre ha sido dinámico, ha estado sometido a variaciones en todas las escalas temporales, desde decenios a miles y millones de años. Debido a las manifestaciones del cambio climático global y a que el mismo es un campo de investigación complejo donde intervienen diversos factores, en 1988 se creó El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por su nombre en inglés) por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El objetivo es estudiar el fenómeno con la finalidad de proporcionar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre cambio climático, sus posibles causas, repercusiones y estrategias de respuesta (IPCC, 2016); dicho Grupo está compuesto por científicos expertos en la materia (Rodríguez & Mance, 2009)

En 1992 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, en su Artículo 1 define al cambio climático como una variación de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial, y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (CMNUCC 1992). En ese mismo año, el IPCC publicó los primeros escenarios de emisiones que se utilizaron para impulsar modelos mundiales de circulación y desarrollar escenarios de cambio climático. La generación de escenarios de cambio climático fue llamada IS92; que proporcionaron estimaciones de todos los Gases de Efecto Invernadero (GEI) (IPCC, 2000).

De acuerdo con Fernández, *et al.*, (2015) los escenarios están basados en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, y son de utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación por lo que el objetivo de trabajar con escenarios no es predecir el futuro, sino entender las incertidumbres con el fin de llegar a decisiones que sean robustas en una amplia gama de posibles futuros.

A causa de que ha cambiado desde entonces la comprensión de las posibles emisiones futuras de gases de efecto invernadero y el cambio climático, en 1996 el IPCC decidió desarrollar un nuevo conjunto de escenarios de emisiones que tendrán una mayor utilidad que los escenarios IS92. En el año 2000, se publicó el Informe Especial del IPCC sobre Escenarios de Emisiones (SRES por sus siglas en inglés), a partir de estos escenarios es posible calcular las concentraciones globales, que lleva a una proyección del incremento de temperatura global. Los Escenarios de Emisiones consideran una gama de posibles condiciones del desarrollo global para los próximos 100 años y son, en un sentido más amplio, puesto que toma en consideración



escenarios del estado y crecimiento de la población y la economía (Nakicenovic, *et al.*, 2000). La generación de escenarios de emisiones se desarrolla a partir de cuatro familias o líneas evolutivas denominadas: A1, A2, B1 y B2. La primera incluye tres variantes: A1FI (utiliza de forma intensiva combustibles de origen fósil), A1T (emplea fuentes de energía de origen no fósil) y A1B (no depende excesivamente de un tipo de fuente de energía). A partir de estas líneas se desarrollaron cuarenta escenarios con diferentes características evolutivas, abarcando valores de emisiones de GEI muy diversificados.

De acuerdo con Nakicenovic, *et al.*, (2000) los escenarios del SRES consideran diferentes condiciones del desarrollo global para los próximos cien años y son, en un sentido más amplio, escenarios del estado, crecimiento de la población y la economía. Los escenarios “A” describen un mundo futuro con alto crecimiento económico, mientras que los “B” ese crecimiento es más moderado. Los escenarios A1 y B1 suponen que habrá una globalización tal que las economías convergerán en su desarrollo. En los A2 y B2 se considera que el desarrollo se dará más en un nivel regional.

El procedimiento para obtener escenarios de emisiones se modificó por otro en el que se parte de ciertas trayectorias futuras posibles de forzamiento radiativo, refiriendo este al cambio en el balance entre la radiación saliente y entrante en la atmósfera, causado por cambios en la concentración de GEI y aerosoles (Gaertner, *et al.*, 2012). Los valores de forzamiento radiativo pueden llegar a través de diferentes evoluciones socioeconómicas y tecnológicas que provocan emisiones de GEI diversificadas, dichas evoluciones de GEI constituyen los denominados escenarios RCP (del inglés Representative Concentration Pathways (Moss, *et al.*, 2010). Los RCP empleados son: RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5. El RCP2.6 se ha supuesto que inicialmente el forzamiento radiativo crece hasta alcanzar un valor de  $3.1 \text{ W/m}^2$  a mediados de siglo y comienza a reducirse hasta que el final de siglo alcanza un valor de  $2.6 \text{ W/m}^2$ . El RCP4.5 es un escenario de estabilización, en el que para el año 2100 el forzamiento radiativo es de  $4.5 \text{ W/m}^2$ , sin haber excedido este valor antes. El RCP6.0 las emisiones de GEI y cambios en el uso de suelo se traducen en un forzamiento radiativo de  $6 \text{ W/m}^2$  al año 2100, y el RCP8.5 representa una vía en la que las emisiones y las concentraciones son altas. En resumen, los RCP es importante reconocer sus usos y sus límites, ya que no son ni predicciones, pero sí son utilizados la toma de decisiones en las políticas de cambio climático.

Para generar las proyecciones del cambio climático debido al incremento en la atmósfera de GEI y de aerosoles emitidos por actividades humanas se utilizan modelos climáticos globales. En el



proyecto "Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en México y Centroamérica" Fernández, *et al.*, (2015) mencionan 15 Modelos de Circulación General, así como la institución y país en donde se generaron. Estos modelos son programas de cómputo que reproducen la dinámica atmosférica en diferentes escalas incluyendo los efectos del océano y los continentes (INECC, 2016). Los Modelos de Circulación General Acoplados, constituyen en realidad una representación generalmente simple del sistema climático y se emplean para preparar las predicciones o proyecciones del clima hacia el futuro para diferentes horizontes de tiempo (Amador & Alfaro, 2009).

Estos modelos proporcionan las características a grandes rasgos de las proyecciones climáticas, pero la gran escala a la que trabajan hacen que sea necesario aplicar técnicas de regionalización para permitir su uso en estudios territoriales, por tanto la regionalización se refiere al proceso de aumento de resolución para adaptar las proyecciones de gran escala generadas por los modelos climáticos globales a las características regionales o locales muy influidas por la orografía, contraste tierra-agua, uso de suelo, etc. Las predicciones y los escenarios climáticos regionales son derivados de los modelos globales mediante distintos tipos de procedimientos y métodos físicodinámico, estadístico o mixto y en algunos pocos casos mediante inferencias subjetivas (Wilby & Dawson 2004).

En México, en el año 2012 se desarrollaron escenarios climáticos regionales, las cuales se presentan en el estudio "Actualización de escenarios de Cambio Climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional (Cavazos, *et al.* 2013). Actualmente, se existen tres del total de 15 Modelos de Circulación General, el MPI-ESM-LR (Max-Plank Institute), el GFDL-CM3 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) y el HADGEM2-ES (Met Office Hadley), modelos de Alemania, Estados Unidos y Reino Unido, respectivamente. Estos modelos fueron estructurados a escenarios de cambio climático, para tres forzamientos radiativos: RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5. (Fernández, *et al.*, 2015), mientras que para el modelo HADGEM2-ES se incorporó adicionalmente el forzamiento RCP6.0. Los horizontes en los que se encuentran son: 2015-2039 (25 años) y 2075-2099 (25 años) para cada uno de los cuales se desarrollaron bases de datos de promedios mensuales de temperatura media y precipitación (Fernández, *et al.*, 2016). Estos escenarios se presentan en una resolución espacial de 30" x 30" (926 x 926 m, aproximadamente) en donde se encuentra incorporado el efecto topográfico.

Los escenarios del cambio climático en función de la evolución del desarrollo económico y social a través del tiempo, han sido cambiantes y cada vez más sofisticados. Se ha desarrollado la



gama cada vez más amplia de escenarios para abordar diferentes componentes del tema (Parson, *et al.*, 2007); debido a que el fenómeno cambio climático global siempre estará rodeado de alguna incertidumbre, dada su complejidad (Rodríguez, *et al.*, 2015).

Para analizar los efectos del cambio climático sobre alteraciones en la composición de especies y su distribución, los modelos bajo escenarios de cambio climático resultan ser una herramienta de gran valor pues permite el monitoreo a largo plazo estableciendo la distribución potencial de especies a futuro (Peterson, *et al.*, 2001). Debido a que cada escenario representa una alternativa de cómo se podría comportar el clima futuro (Conde & Gay, 2008), los cuales contribuyen a la toma de decisiones para el manejo de los recursos naturales.

#### Literatura citada

2000. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Resumen para responsables de políticas Escenarios de emisiones. Informe especial del Grupo de trabajo III del IPCC. Recuperado en: <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>.

2016. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Recuperado en: <https://www.ipcc.ch/>

Cavazos, T., J. A. Salinas, B. Martínez, G. Colorado, P. de Grau, R. Prieto González, A. C. Conde Álvarez, A. Quintanar Isaías, J. S. Santana Sepúlveda, R. Romero Centeno, M. E. Maya Magaña, J. G. Rosario de La Cruz, Ma. del R. Ayala Enríquez, H. Carrillo Tlazazanatza, O. Santiesteban y M. E. Bravo, 2013: Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional . Informe Final del Proyecto al INECC, 150 pp. Con resultados disponibles en: <http://escenarios.inecc.gob.mx/index2.html>

Conde, A.A.C. & Gay, G.C., 2008 Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional. Centro de Ciencias de la Atmosfera, UNAM. 104pp.

[Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático](https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf) (CMNUCC). 1992. Recuperado en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Fernández E.A., Zavala H.J. y Romero C.R. 2016. Atlas Climático Digital de México.



Fernández, Eguiarte, A., Zavala Hidalgo, J., Romero Centro, R., Conde A. A. C., Trejo V. R. I. 2015. Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en México y Centroamérica. UNIATMOS, UNAM. 22p.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2016. Recuperado en: <http://escenarios.inecc.gob.mx/>

Nakicenovic, N., J. Alcamo, et al, 2000. Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge. 599 pp.

Parson, E. A., Burkett, V., Fisher-Vanden, K., Keith, D. y Mearns L. 2007. Global Change Scenarios: Their Development and Use. (Sub-report 2.1B of Synthesis and Assessment Product 2.1, US Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Department of Energy, Office of Biological & Environmental Research, Washington DC. 118pp.

Peterson, T. A., Sánchez- Cordero, V., Sob. Global Change Scenarios: Their Development and Use (Sub-report 2.1B of Synthesis and Assessment Product 2.1, US Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research eron, J., Bartley, J., Buddemeier, R. y Navarro- Siguenze, A., 2001 Effects of global climate change on Geographic distribution of Mexican Craciae, Ecological Modelling, 144, 21-30p.

Rodríguez B.M., Mance, H., Barrera, R.X., y García A.C. 2015. Cambio Climático: Lo que está en juego. 2<sup>a</sup> ed. 102 pp.

Rodríguez, B. M. & Mance, H., 2009. Cambio Climático: Lo que está en juego. Foro Nacional Ambiental. Bogota-Colombia. 76 p.

Van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K. y Masui, T. 2011. The representative concentration pathways: an overview. *Climatic change*, 109, 5-31.

### **La adaptación de insectos a cambios climáticos en períodos geológicos históricos**

Guillermo Sánchez Martínez, Santiago Vergara Pineda y María Cruz García)

La historia geológica de la tierra implica cambios y adaptaciones para los seres vivos durante todo el tiempo, estos cambios pueden iniciar en organismo individuales pero son más entendibles cuando se habla de especies. Durante las eras geológicas la tierra presenció



episodios de extinción masiva de especies en todos los hábitats, estos procesos también debieron afectar a los insectos. Considerando que los artrópodos son el grupo más numeroso y evolucionado del grupo Ecdysozoa, los insectos ocupan la mayor diversidad de especies, esto es un indicador de que este grupo de organismos ha pasado por una serie de cambios importantes en los diferentes tipos de hábitats que usan.

El periodo de vida de una especie durante las eras Paleozoica y Mesozoica se estima fue de entre 10 y 1 millón de años (Raup, 1981). A diferencia de las extinciones masivas del pasado ocasionadas por eventos como los golpes por asteroides, erupciones volcánicas y cambios naturales de clima, la presente crisis es causada casi completamente por los humanos. El 99 por ciento de las especies amenazadas se encuentran en riesgo por las actividades humanas, principalmente aquellas que conllevan pérdida del hábitat, introducción de especies exóticas y el calentamiento global (Endangered Species, 2009).

Los estudios de Zachos et al. (2007) arrojan que las temperaturas máximas del Paleoceno-Eoceno representan el único evento más prolongado de calentamiento bien documentado en la historia de la tierra. La temperatura global se incrementó más de 5 °C en menos de 10,000 años y se sostuvo por varias decenas de miles de años antes de que gradualmente se abatiera.

En 2008, Zalasiewicz y colaboradores proponen el término de la época en que ahora estamos viviendo: el Antropoceno. El Holoceno es la última de muchas fases interglaciales cuaternarias y la única a la que se le otorga el estatus de una época, también es la única unidad del fanerozoico completo, los pasados 542 millones de años; cuya base se define en términos de números de años desde el presente tomando 10,000 años de radiocarbón antes de 1950.

De acuerdo con Scott y Farrell (1998) *D. jeffreyi*, *D. vitei*, *D. brevicomis*, *D. rhyzophagus*, *D. paralelicollis* y *D. murrayanae* son especies que muestran especialización por el reducido número de hospedantes que a menudo solo es uno, mientras que otras 13 especies de *Dendroctonus* son mas generalistas aun que sus hospedantes pertenecen al género *Pinus*; por lo que parece ser que los organismos más especializados tienen una mayor tasa de extinción que los generalistas. El problema ahora se complica cuando se toma en cuenta los efectos del cambio climático en los bosques de pino como parece ser que se está presentando actualmente en algunas regiones del estado de Querétaro con el incremento en las poblaciones de *Dendroctonus* en Valle Verde y San Juan de los Durán (Vergara et. al., 2014) donde parece ser que un año seco ocasionó que los insectos descorzadores diezman las poblaciones de *Pinus greggii* en las zonas más bajas de su distribución normal sobre la altura a nivel del mar.



## Literatura citada

Endangered Species. 2009. In *Encyclopedia Britannica*. Available in Encyclopedia Britannica.

Raup David M. 1981. Evolution and fossil record. Science, Vol. 213.

Scott T. Kelley and Brian D. Farrell. 1998. Is specialization a dead end? The Phylogeny of host use in *Dendroctonus* bark beetles (Scolytidae). Evolution, Vol 52, No. 6, pp 1731-1743.

Vergara-Pineda Santiago, Robert W. Jones, Víctor H. Cambrón-Sandoval, J. Alejandro Obregón-Zúñiga and Armando Equihua-Martínez. 2014. Bark Beetle Species (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) and their Vertical Distribution on *Pinus greggii* during an Outbreak in the Sierra Madre Oriental of Mexico. Southwestern Entomologist. 39(1):193-196.

Zachos James C., Steven M. Bohaty, Cedric M. John, Heather McCarren, Daniel C. Kelly & Tina Nielsen. 2007. The Pleoceno-Eocene carbon isotope excursion: constraint from individual shell planktonic foraminifer records. Phil. Trans. R. Soc. A (2007) 365, 1829-1842.

Zalasiewicz Jan et. al. 2008. Are we now living in the anthropocene?. Geological Society of America. V. 18, No. 2, doi: 10.1130/GSAT01802A.1.

### b) Impacto del cambio climático sobre insectos defoliadores

Ernesto González Gaona y Guillermo Sánchez Martínez

En forma general se define como “defoliadores” aquellos organismos que consumen directamente el área foliar o que ocasionan la caída de la misma. Se pueden agrupar de acuerdo al tipo de daño que ocasionan; de tal manera que existen los que se alimentan directamente de las hojas como las moscas sierra (*Neodiprion*, *Zadiprion* y *Monocetus*), chrysomelidos (*Chrysomela scripta*), hormigas arrieras (*Atta* spp.), grylleta del encino (*Pterophylla beltrani*) o larvas de lepidópteros (*Evita Hyalinaria*, *Coloradia* sp., *Lophocampa alternata*), los que forman refugios (*Malacosoma* spp., *Eutachyptera psidii*, *Hylesia frigida*), hacen minas (*Baliosus* sp., *Stigmella variella*, *Captodisca arbutiella*, *Calioptilia reticulata*), succionan la savia de las plantas (pulgones, cercopidos, *Antiteuchus innocens*) o que forman agallas (*Andricus georgei*, *Cynips* spp., *Atrusca* spp., *Disholcaspis* spp.); conformando un grupo muy diverso donde se incluyen principalmente los órdenes Coleoptera, Lepidóptera, Homoptera e Hymenoptera (Cibrian *et al.*, 1995; Powell, 2002; Pujade-Villar *et al.*, 2011 y 2012; González *et al.*, 2014).

El cambio climático puede afectar a las plagas forestales de diferentes maneras en algunos casos el efecto es directo sobre el organismo. Al incrementar la temperatura, se incrementa la supervivencia de los estadios invernantes, se incrementa el metabolismo y las tasas de reproducción, así como el periodo favorable del desarrollo de las plagas, se amplia y se inicia en forma más temprana en la temporada; lo que trae como consecuencia un aumento en el número de generaciones por año, en el daño ocasionado y se incrementa su rango de distribución (FAO, 2009; Hushaw, 2015).

Se ha observado que con el cambio climático el radio de acción de las especies se ha desplazado hacia los polos, o hacia las zonas altas, durante el siglo XX. En este sentido Parmesan y Yohe (2003) citan que en más de 1,700 especies del hemisferio norte se habían observado desplazamientos que rondaban los 6,1 km por década hacia los polos. En la Sierra de Guadarrama en España se observaron desplazamientos ascendentes en las comunidades de mariposas del orden de 293 m ocasionados por el cambio climático (Wilson *et al.*, 2007). La dispersión altitudinal de la oruga procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) en las montañas de Sierra Nevada del sudeste de España ha ocasionado que esta plaga encuentre nuevos árboles hospederos, como el pino silvestre (*Pinus sylvestris* var. *nevadensis*) pudiendo ocasionar daños desastrosos a esta especie endémica (Menéndez, 2007; Hodar *et al.*, 2012), los veranos calidos favorecen la supervivencia de *T. pityocampa* mientras que las temperaturas de verano superiores a 30°C disminuyen la tasa de parasitismo de los huevecillos también favoreciendo el desarrollo de las poblaciones (Tiberi *et al.*, 2015).

No se puede generalizar el efecto de cambio climático en los insectos, ya que en algunos casos podrá existir un incremento (el minador *Cameraria ohridella*) o una disminución (el picudo *Hylobius abietis*) en el rango habitable, lo cual se considera ocurrirá en los bosques europeos (Barredo *et al.*, 2015).

En forma general se puede señalar que a mayor temperatura la tasa de desarrollo se incrementa pudiendo llegar a observarse el incremento en el número de generaciones. Se considera que en el defoliador de pinos *Neodiprion omosus* en clima templado (Aguascalientes, Chihuahua y Durango) presenta una generación por año (Sánchez y González, 2006; González *et al.*, 2014) pero en ambientes cálidos como en Guerrero y Oaxaca presenta dos generaciones (Com. Personal: Ing. Juan Carlos Gómez Núñez, 2015, CONAFOR Guerrero). Durante 2016, un año con buena precipitación y temperaturas cálidas que favorecieron la presencia de alimento, se observaron dos generaciones en la misma temporada en Aguascalientes, lo cual da una idea de la rápida respuesta de los insectos a condiciones más favorables.

En forma indirecta el cambio climático ha ocasionado la modificación de los ambientes habitables para la plaga, ya sea al aumentar o disminuir la distribución y susceptibilidad de los hospederos, al incrementar el estrés de las plantas y convertirlos en más susceptibles o al bajar

la calidad nutricional del hospedero, al disminuir el contenido de Nitrógeno por el efecto del CO<sub>2</sub> y temperaturas altas, así como al afectar la producción de metabolitos secundarios y reguladores de crecimiento. También se ve afectada la fenología de los hospederos, lo cual trae como consecuencia una desincronización entre la plaga y el periodo de susceptibilidad de la planta y de las interacciones con sus parasitoides, depredadores, mutualistas y competidores (FAO, 2009; Hushaw, 2015).

La palomilla gitana (*Lymantria dispar*) ha incrementado su dispersión hacia las porciones norte de su distribución debido al incremento de las temperaturas debido al cambio climático, lo cual ha ocasionado una mayor área defoliada e incrementado su distribución. También se ha observado que climas más cálidos y secos reducen el efecto del hongo entomopatógeno *Entomophaga maimaga*, utilizado para el control biológico de esta plaga (Hushaw, 2015). Se han registrado cambios en la fenología de las mariposas en el Reino Unido, señalando que el 74% de las especies han anticipado su primera aparición (Roy y Sparks, 2000). Para España se menciona que la primera aparición de 17 especies de mariposas se ha anticipado de una a siete semanas en sólo 15 años (Stefanescu et al., 2003). El 70% de 23 especies de mariposas en California (EE.UU.) ha experimentado una anticipación de su primer vuelo aproximadamente ocho días por década (Forister y Shapiro, 2003).

Se considera que el aumento en el contenido de Carbohidratos en *Abies balsamea* expuesto a estrés, estimula la alimentación de las larvas de *Choristoneura fumiferana* acelerando su desarrollo (Mortsch, 2006). Así mismo se ha observado que los árboles expuestos a estrés hídrico presentan una mayor temperatura, (de 2 a 4 °C), lo que beneficia la fecundidad y supervivencia de los insectos (Mortsch, 2006). En condiciones de mayores niveles de CO<sub>2</sub>, *Operophtera brumata*, consume más hojas de encino (*Quercus robur*) debido a una reducción en la relación dureza/resistencia de las hojas, mientras la palomilla gitana *Lymantria dispar* exhibe un peso normal de pupación, pero requiere de un mayor tiempo para completar su desarrollo, debido a las concentraciones de ácido tánico en las hojas (Van Asch y Visser, 2007). La supervivencia de larvas de *Neodiprion sertifer* se ve afectada por la temperatura pero su efecto puede ser positivo o negativo, dependiendo de la concentración de los compuestos químicos de defensa (diterpenos) en la planta hospedera. En localidades con rangos amplios de temperatura; el efecto es un incremento con el aumento de la temperatura en bajas concentraciones de diterpenos y decremento en altas concentraciones del compuesto, aunque las larvas lo pueden usar como defensa contra los depredadores (Kollberg et al., 2015)

Visser y Both (2005) señalan que los insectos han anticipado su fenología (incubación temprana de los huevecillos y una mayor anticipación en la fecha de regreso de la migración) con relación a sus hospederos (brotación y floración). Así como también han adelantado su época de mayor abundancia con relación con sus depredadores (fecha de oviposición y arribo de las aves



migratorias). Esta desincronización se ha observado entre las mariposas de invierno (*Operophtera brumata*), la brotación de las yemas de los encinos ha ocasionado una discrepancia entre la plaga y uno de sus depredadores, el carbonero común (*Parus major*), una ave que alimenta a sus crías con las larvas (Walther *et al.*, 2002; Van Asch *et al.*, 2007).

Zhou *et al.* (1995), investigaron el ritmo de la migración en el Reino Unido de cinco especies de pulgones (*Brachycaudus helichrysi*, *Elatobium abietinum*, *Metopolophium dirhodum*, *Myzus persicae*, *Sitobion avenae*) durante un período de tiempo de casi 30 años y concluyeron que la temperatura de invierno, es el factor dominante que altera su fenología. Determinaron que un grado Celsius de aumento promedio en la temperatura de invierno alteraba la migración de cuatro a nueve días.

#### Literatura citada

- Barredo, J. L., G. Strona, D. de Rigo, G. Caudillo, G. Stanganelli and J. San Miguel Ayanz. 2015. Assessing the potential distribution of insects pest: case studies on large pine weevil (*Hylobius abietis* L.) and horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*) under present and future climate conditions in European Forest. Bulletin OEPP/EPP= 45 (2) 273-281.
- Cibrian, T. D., J. T. Méndez, M., R. Campos B. H. O. Yates III, J. E. Flores, L. 1995. Insectos Forestales de México. Publicación # 6. Universidad Autónoma de Chapingo, Subsecretaría Forestal y Fauna Silvestre de la SARH. Forest Service, USA, Natural Resources Canada, Comisión Forestal de América del Norte, FAO.
- Hodar, J. A., R. Zamora, L. Cayuela. 2012. Cambio climático y plagas: algo más que el clima. Ecosistemas 21(3): 73-78.
- Hushaw, J. 2015. Forest Pest and Climate Change Part I: Overview of climate pest interactions. Climatesmart Land network. 13 p
- Kollberg, I., H. Bylund, T. Jonsson, A. Schmidt, J. Gershenson and C. Bjorkman. 2015. Temperature affects insect outbreak risk through tritrophic interactions mediated by plant secondary compounds. Ecosphere 6(6) 102. <http://dx.doi.org/10.1890/ES15-000021.1>
- FAO. 2009. Los impactos del cambio climático en la Sanidad Forestal. FAO. Sanidad y Bioseguridad Forestal. Documento de trabajo FBS/34S 42 p.
- González, G. E., F. Bonilla, T., S. Quiñonez, B., G. Sánchez, M., F. Tafoya, R., M. P. España, L., J. Lozano, G., y S. Robles, U. 2014. Guía para la identificación de Moscas Sierra de la familia Dipteronidae presentes en el Centro Norte de México. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-CEPAB, Aguascalientes, México. Folleto Técnico 41. 36 p.
- Forister, M. L. y Shapiro, A. M. 2003. Climatic trends and advancing spring flight of butterflies in lowland California. *Global Change Biology*, 9(7): 1130-1135.
- Menéndez, R. 2007. How are insects responding to global warming? *Tijdschrift voor Entomologie*, 150: 355-365.

- Mortsch, L.D. 2006. Impact of climate change on agriculture, forestry and wetlands. In Bhatti, J., Lal, R., Apps, M. y Price, M., eds. *Climate change and managed ecosystems*, pp. 45-67. Taylor and Francis, CRC Press, Boca Raton, FL, US.
- Parmesan, C. y Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421: 37-42.
- Powell, J. A. 2002. Lepidopteran Caterpillars feeding on California native plants. *Fremontia* Vol 30 (3-4)5-14.
- Pujade-Villar, J., O Cabral-Gamboa, R. Treto-Pereyra, L.G. Landa-Orozco, C. Carrillo-Sánchez. 2012. Primeros datos sobre las agallas de encinos producidas por Cinípidos (Hym.:Cynipidae) colectadas en la Sierra de Monte Escobedo (Zacatecas, México) sobre *Quercus resinosa*. *Orsis* 26:103-116.
- Pujade-Villar, J., A. Equihua-Martínez, E. Estrada-Venegas, M. Serrano-Muñoz. J. R. Lomeli-Flores. 2011. Una nueva especie mexicana del género *Andricus* con caracteres muy peculiares: *A. georgei* Pujade-Villar n. sp. (Hymenoptera: Cynipidae) *Boletín Soc. Entomol. Aragonesa* 49:27-32.
- Roy, D. B. y Sparks, T. H. 2000. Phenology of British butterflies and climate change. *Global Change Biology*, 6(4): 407-416.
- Van Asch, M. y Visser, M. E. 2007. Phenology of forest caterpillars and their host trees: the importance of synchrony. *Annual Review of Entomology*, 52: 37-55.
- Sánchez, M. G. y E. González, G. 2006. Biología y hábitos de la mosca sierra de los pinos (*Neodiprion omosus* Smith) en la Sierra Fría, Aguascalientes In: Memorias del Séptimo Seminario de Investigación. Universidad Autónoma de Aguascalientes. pp. 84-87.
- Tiberi, R., M. Bracalini, F. Croci, G. Tellini, F., T. Panzavolta. 2015. Effects of climate on pine processionary moth fecundity and on its egg parasitoids. *Ecology and Evolution* 5(22):5372-5382.
- Van Asch, M., M. P. H. Van Tienderen, L. J. M. Holleman, M. E. Visser. 2007. Predicting adaptation of phenology in response to climate change, an insect herbivore example. *Global Change Biology*, 13: 1596-1604.
- Visser, M. E. y Both, C. 2005. Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proc Biol Sci.*, 272(1581): 2561–9
- Walther, G. R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T. J. C. Beebee, J. M. Fromentin, O. H. Gulberg & F. Bairlein. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389-395.
- Wilson, R. J., D. Gutiérrez, J. Gutiérrez, D. Martínez, R. Agudo, and V. J. Monserrat. 2005. Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. *Ecology Letters*, 8: 1138-1146.
- Zhou, X., R. Harrington, I. P. Woiwod, J. N. Perry, J. S. Bale, S. J. Clark. 1995. Effects of temperature on aphid phenology. *Global Change Biology*, 1:303-313.



#### d) Impacto del cambio climático sobre patógenos forestales

José Francisco Reséndiz Martínez, Oscar Trejo Ramírez, Graciela Huerta, Francisco Holguín Meléndez y Ernesto González Gaona

El denominado Cambio Global está afectando al modo de vida de la población, a su economía, al mercado laboral, los mercados agrícolas y, como no, también al sector forestal. En lo que concierne al tema de las patologías forestales, en las últimas décadas se ha producido un considerable incremento en la tasa de aparición de nuevas enfermedades (primeras citas, “first reports”) a escala mundial, debido entre otras razones al rápido incremento del comercio de madera y de material forestal de reproducción por efecto de la globalización. Enfermedades como el chancro resinoso del pino causado por *Fusarium circinatum*, o el nematodo de la madera del pino, *Bursaphelenchus xylophilus*, han aparecido recientemente en nuestro país por esta vía. Por otra parte, en los últimos años están apareciendo nuevas enfermedades de origen complejo (denominadas enfermedades de decaimiento, o “declines”) que se relacionan con la acción simultánea de diversos agentes bióticos, pero donde los factores abióticos relacionados con el clima toman una importancia preponderante. La seca de la encina (en la que la influencia de *Phytophthora spp.* no se discute), o el decaimiento del pino resinero (*Pinus pinaster*) podrían ser ejemplos de este tipo. Todos estos problemas se ven amplificados, en los casos más graves, por una administración forestal en temas sanitarios no suficientemente apoyada, mal financiada, demasiado disgregada tanto en el ámbito global, como nacional o regional, que se ve limitada en ocasiones para abordar el manejo del creciente número de patologías forestales que están apareciendo. En este artículo se menciona la aparición de nuevas enfermedades como hongo y nematodos, así como nuevas enfermedades de origen complejo como de decaimiento o declinación. En México existen pocos reportes de declinación en los bosques de coníferas como en el Desierto de los Leones, Ciudad de México, marchitez foliar en pinos del estado de Puebla, por lo que es necesario realizar estudios que contemplen a los agentes bióticos, así como a los factores abióticos relacionados con el clima que toman una importancia preponderante. (1)

Se prevén variaciones en los modelos de perturbación, en un entorno de cambios climáticos producidos por las plagas forestales (insectos, agentes patógenos y otras plagas) como resultado del aumento de las temperaturas, cambios en las precipitaciones, acentuación de la frecuencia de las sequías y mayores concentraciones de dióxido de carbono. Estos cambios tendrán un papel fundamental en la transformación de los bosques y el sector forestal del mundo. Se ha observado que los insectos y patógenos responden al calentamiento en todas las formas esperadas, desde cambios en su fenología y distribución hasta influencias en las dinámicas y composiciones de sus comunidades (Menéndez, 2007). El cambio climático puede afectar las plagas forestales y el daño que éstas causan por medio de: impactos directos en su

desarrollo, supervivencia, reproducción, distribución y expansión; alteración de la fisiología y defensas del árbol huésped; impacto en las relaciones entre plagas, su medio ambiente y otras especies como por ejemplo enemigos naturales, competidores y mutualistas. (4)

Las plagas forestales también se están manifestando fuera de los ámbitos tradicionales de infestación y en intensidades nunca antes observadas. Algunos ejemplos de especies de plagas forestales que han respondido o se prevé que respondan a los cambios climáticos alterando su distribución son las siguientes:

La roya del grosellero europeo *Melampsora allii-populina* se está desplazando probablemente hacia el norte con el aumento de las temperaturas de verano.

¶ Para el hongo de las raíces *Phytophthora cinnamomi* se prevé una expansión hacia las regiones más frías de Europa y ha crecido su daño con las perspectivas del cambio climático y el aumento de las temperaturas promedio. (2)

El mayor peligro lo constituyen las plaga y enfermedades exógenas u organismos de cuarentena. La combinación de la introducción de estas especies, frente a unos hospedantes desprovistos de mecanismos de atenuación del impacto o adaptación, y una climatología óptima para el desarrollo del nuevo patógeno, tiene como consecuencia el desarrollo exponencial de daños ante los cuales el arbolado no tiene apenas defensas. El desarrollo de *Limantrya dispar* en el continente norteamericano, la presencia de escolítidos o el desarrollo de síndromes como la seca en sudeste europeo o muerte repentina de los encinos en Norteamérica, donde interaccionan hongos como *Phytophthora*, *Bothriosphaeria*, bacterias como *Brennia*, escolítidos y el impacto de frecuentes déficits hídricos y olas de calor que impiden la recuperación de las reservas hídricas del suelo, plantean un panorama que en el mejor de los casos pasa por la sustitución de especies forestales por otras mejor adaptadas a las nuevas condiciones o en el más pesimista, por la progresiva fragmentación y desaparición de algunas especies forestales. (3)

## Referencias

1. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 39: 249-258 (2015) «Conferencias y Ponencias del 6º Congreso Forestal Español»  
Julio Javier Diez Casero  
Universidad de Valladolid. Instituto de Investigación en Gestión Forestal Sostenible. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Avenida de Madrid 44. 34071-PALENCIA (España).  
Correo electrónico: [jdcasero@pvs.uva.es](mailto:jdcasero@pvs.uva.es)



2. Departamento Forestal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2008. Documentos de trabajo sobre sanidad y bioseguridad forestal. Los impactos del cambio climático en la sanidad forestal. Beverly Moore y Gillian Allard.

3. Impacto del cambio climático en España. Impactos sobre el sector forestal.

Carlo Gracia, Luis Gil y Gregorio Montero. Contribuyentes: J. Ezquerra, E. Pla, S. Sabaté, A. Sanchez, G. Sánchez-Peña, J. Vayreda. Revisores: J. Martínez Chamorro, S. Mutke Regneri, M. J. Sanz

4. Cambio climático & Plagas. Sanidad forestal y Cambio Climático. (*Extraído de: Los impactos del cambio climático en la Sanidad Forestal. Berverly Moore y Gillian Allard, 2008. Documento de trabajo sobre sanidad forestal y bioseguridad forestal, FAO).*

#### f) Impacto del cambio climático en insectos chupadores

Graciela Huerta Palacios, Rebeca González Gómez y Ernesto González Gaona

Los organismos poiquilotérmicos (insectos, plantas, reptiles y peces) también llamados como de “sangre fría” presentan una respuesta más visible y rápida al cambio climático que los homeotérmicos (aves y mamíferos), ya que su desarrollo depende grandemente de la temperatura, ajustando su comportamiento para explotar los nuevos ambientes más beningos, lo cual resulta en primera instancia en un cambio en su distribución y en la severidad de los daños ocasionados (Carroll et al., 2003; Cudmore et al., 2010).

La dispersión del *Adelges tsugae* Annand plaga de *Picea* spp. y *Tsuga* spp. es limitada por la temperatura mínima promedio del invierno, observándose que -5 °C es la temperatura que limita su distribución más que la abundancia del hospedero. Con el Cambio Climático se presentan temperaturas superiores y por lo tanto las condiciones se tornarán más habitables para la plaga que se dispersara más al norte y a sitios de mayor altitud (Hushaw, 2015)

Los insectos y patógenos presentan ciertas características que los capacita a responder rápidamente al Cambio Climático entre ellas destacan: la sensibilidad fisiológica a la temperatura, alta movilidad, tiempos generacionales cortos y altas tasas reproductivas (Hushaw, 2015).

En forma específica los insectos presentan una temperatura en la cual se inicia su desarrollo y una acumulación de calor necesaria para pasar de un estadio a otro. Estos requerimientos se pueden medir y por lo tanto predecir la aparición de las etapas de desarrollo mediante la metodología de Grados Día de Desarrollo (UC-IPM, 2016).



*Frankliniella occidentalis* es un trips que se desarrolla y multiplica adecuadamente con temperaturas que van de 15 a 30°C con un óptimo de 25 a 30°C con temperatura umbral de 12°C; al exponer a este insecto a temperaturas extremas se observó que a 8°C se presenta una alta mortalidad de adultos y ninfas, así como requerir un mayor tiempo para completar su desarrollo que a 24°C; mientras que a 35°C el ciclo de vida se acorta, aunque existe una alta mortalidad en los primeros estadios y en adultos y a 40°C la plaga no se desarrolla (Contreras et al., 1998).

Los pulgones, escamas y otros organismos que succionan la savia de las coníferas por lo general tienen efectos subletales en sus hospederos, causando disminución en el desarrollo y daños cosméticos al ocasionar agallas en árboles de navidad con alto valor. Muchos de estos insectos son relativamente pequeños, sedentarios y expuestos en la superficie de las plantas, lo cual los hace vulnerables a los efectos de fuertes lluvias y temperaturas frías. *Elatobium abietinum* (Homoptera: Aphididae) es una plaga importante de *Picea* spp. en Inglaterra, se alimenta del floema ocasionando la caída de las agujas en bajas densidades, presenta varias generaciones activas durante el año, invernando como hembra adulta y presentando brotes epidémicos en primavera y principios del verano. Se ha observado que temperaturas bajas durante el otoño e invierno pueden limitar el desarrollo de la población. En el este de Inglaterra se predicen condiciones de sequía durante el verano y temperaturas más cálidas durante el otoño e invierno, lo cual incrementaría la frecuencia y severidad de los daños, así como la susceptibilidad del hospedero al ataque del pulgón, incrementando los riesgos de altas poblaciones en años sucesivos, resultando esto en la mortalidad de los árboles afectados (Wainhouse and Inward, 2016).

El Cambio climático ocasiona cambios en las relaciones insecto-planta ya que afecta la fisiología de la planta, así como el desarrollo de las especies asociadas y los cambios sucesionales. El estrés por sequía se ha observado que ocasiona cambios en los niveles de carbohidratos y nitrógeno soluble en el follaje, lo cual proporciona un alimento de mayor calidad. En el caso de las chicharritas estas responden rápidamente produciendo una mayor abundancia de las poblaciones incrementando los riesgos de daños por este tipo de plagas (Masters et al 1998).

El psílido del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* Moore, una especie de origen Australiano que succiona la savia de los eucaliptos y que produce un pequeño cono de color blanco con sustancias melosas que le sirve de protección individual, se introdujo accidentalmente a la República Mexicana. Al determinar su distribución se observó que se estableció y ocasionó daños en la porción central y seca; sin embargo, no se estableció en las zonas costeras del Pacífico debido a una alta mortalidad de las ninfas al no secarse el cono (Sánchez y González, 2015).

#### Literatura Citada



Carroll, A. L., S. W. Taylor, J. Regniere, L. Safranyik. 2003. Effect of climate change on range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia. The bark beetles, fuels and fire bibliography paper 195. <http://digitalcommons.usu.edu/barkbeetles/195>.

Contreras, J., A. Pedro, J.A. Sánchez, A. Lacasa. 1998. Influencia de las temperaturas extremas en el desarrollo de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) Bol. San. Veg. Plagas 24: 251-266.

Cudmore, T.J. , N. Bjorklund, A. L. Carroll and B.S. Lindgreen. 2010. Climate change and range expansion of an aggressive bark beetle: evidence of higher beetle reproduction in native host tree populations, Jour Applied Ecology 47: 1036-1043.

Hushaw, J. 2015. Forest Pest and Climate Change Part I: Overview of climate pest interactions. Climatesmart Land network. 13 p.

Masters, G. J., V. K. Brown, I. P. Clarke, J. B. Wittaker and J. A. Hollier. 1998. Direct and indirect effects of climate change on insect herbivores: Auchenorrhyncha (Homoptera). Ecological Entomology 23: 45-52.

Sánchez, M. G. y E. González G. 2005. Eucaliptos en proceso de recuperación: El Psílido *Glycaspis brimblecombei* Moore declina en la región norte - centro de México. Folleto Técnico Núm. 26. INIFAP - CIRNOC – CEPAB.

UC-IPM. 2016. How to manage to Pests Degree Days. University of California Agriculture and Natural Resource. Regents of the University of California. Statewide Integrated Pest Management Program. [ipm.ucanr.edu/Weather/ddconcepts.html](http://ipm.ucanr.edu/Weather/ddconcepts.html).

Wainhouse, D., D. J. G. Inward. 2016. The influence of climate change on forest insect pests in Britain. Research Note. Forestry Commission. [www.forestry.gov.uk/forestreresearch](http://www.forestry.gov.uk/forestreresearch).10p.

### **g) Impacto del cambio climático en plantas parásitas**

Dionicio Alvarado Rosales, José Francisco Reséndiz Martínez, Sergio Quiñonez Favila y Ernesto González Gaona

#### **LITERATURA BASE**

AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	PALABRAS CLAVE



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
UICN Comité Español	EL PROYECTO CON CLIMA	Folleto		
Alvarado-Rosales D.1; Saavedra-Romero, L. de L.2; Hernández-de la Rosa, P.3; Gómez-Guerrero A.4; Hernández-Tejeda, T.5; Villa-Castillo, J.6; Quiroz-Reygadas, D.7; Flores-Hernández, R.	INDICADORES DE SALUD FORESTAL EN MÉXICO: CAMBIO CLIMÁTICO Y DEGRADACIÓN FORESTAL	Artículo de divulgación en revista CONAFOR	2012	Indicadores de salud forestal
Biologo. Osvaldo Alvarado Villanueva	EVALUACION DE LOS FACTORES ASOCIADOS A LAS INFESTACIONES DE DESCOREZADORES (LOLEOPTERA:SCOLITINIDAE) EN BOSQUES DE PIÑONES ( <i>Pinus cembroides</i> ) EN RESERVA SIERRA GORDA DE GUANAJUATO	Tesis	2013	Silvicultura, preferencia de hospederos, calidad de sitio
Holy Ameden, David R. Just.	Pests and Aricultural Production under Climate Change.	Simposio	2001	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
NIGEL R. ANDREW and LESLEY HUGHES	Potential host colonization by insect herbivores in a warmer climate: a transplant experiment.	Artículo científico	2007	Acacia, Australia, climate change, Coleoptera, community structure, Hemiptera, phytophagous insect, transplant experiment
Allan C. Ashworth	Perspectives on Beetles and Climate Change	Capítulo del libro	2001	
Mark Ballingall, Andy Evans and Fiona Burnett, SAC	Climate Change and and transboundary pest and disease	Folleto	2013	
Mireia Banqué Casanovas	CANVIBOSC: Vulnerabilidad de las especies forestales al cambio climático.	Folleto	2013	
J. I. Barredo, G. Strona, D. de Rigo, G. Caudullo, G. Stanganelli and J. San-Miguel-Ayanz1	Assessing the potential distribution of insect pests: case studies on large pine weevil ( <i>Hylobius abietis</i> L) and horse-chestnut leaf miner ( <i>Camararia ohridella</i> ) under present and future climate conditions in European forests.	Artículo científico	2015	Sin



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	PALABRAS CLAVE
Barbara J. Bentz, Jacques Régnière, Christopher J. Fettig, E. Matthew Hansen, Jane L. Hayes,	Climate Change and Bark Beetles of Western United States and Canada:Direct and Indirect Effects.	Artículo científico	2010	cold tolerance, mountain pine beetle, seasonality, spruce beetle, temperature
Sarah J. Beukema, Donald C.E. Robinson, and Lorne A. Greig	Forests, Insects & Pathogens and climate: workshop Report.	Reporte de Taller	2007	
Andrzej Bytnerowicz a, Kenji Omasa b, Elena Paoletti	Integrated effects of air pollution and climate change on forests:A northern hemisphere perspective.	Artículo científico	2006	Acidification; Climate change; Eutrophication; Forest monitoring; Tropospheric ozone
Amelia Caffaraa,* , Monica Rinaldia, Emanuele Eccela, Vittorio Rossib, Ilaria Pertota	Modelling the impact of climate change on the interaction between grapevine and its pest and pathogens: European vine moth and powdery mildew .	Artículo científico	2011	Chardonnay, erysiphe necator, host, lobesia botroa, Northern Italy, pathogen, pest, projections, synchrony y viticulture.
Allan L. Carroll	Effect of climate change on range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia.	Trabajo de simposio	2013	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	PALABRAS CLAVE
Cally Carswell	Bark beetles have devastated western forests, but that may not mean more severe fires .	Artículo de Divulgación	2014	
CONANP	Monitoreo para el control integral de descortezadores en la reserva de la Biosfera Sierra Gorda, Querétaro	Reporte de investigación	2015	Descortezadores de pino, Sierra Gorda, Áreas Naturales protegidas
Luis M. Constantino, Juan C. Flores, Pablo Benavides y Tito Bacca	Minador de las hojas del cafeto Una plaga potencial por efectos del cambio climático	Folleto	2011	
J. CONTRERAS, A. PEDRO, J. A. SÁNCHEZ y A. LACASA	Influencia de las temperaturas extremas en el desarrollo de Frankliniella occidentalis (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae).	Artículo Científico	1998	<i>Frankliniella occidentalis</i> , temperaturas extremas, biología
Carlos CONTRERAS-SERVÍN y María Guadalupe GALINDO MENDOZA	EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS PLAGAS AGRICOLAS EN MÉXICO	Trabajo en simposio	S/F	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
Timothy J. Cudmore <sup>1</sup> , Niklas Björklund <sup>2</sup> , Allan L. Carroll <sup>3</sup> and B. Staffan Lindgren	Climate change and range expansion of an aggressive bark beetle: evidence of higher beetle reproduction in native host tree populations.	Artículo Científico	2010	climate change, climatic suitability class, co-evolution, lodgepole pine, mountain pine beetle, range expansion, reproductive success, selection pressure, suitability, susceptibility
Alberto díaz Morales	ESTIMACIONES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO SOBRE LA ROYA (Hemileia vastatrix) Y LA BROCA (Hypothenemus hampei) DEL CAFETO EN LA REGION DE COATEPEC, VERACRUZ	Tesis de Licenciatura	2011	Roya del cafeto, broca del cafeto
Joseph C. DYSTHE, Ryan BRACEWELL, Diana L. SIX	Temperatura effects on growth of fungal symbionts of the western pine beetle, <i>Dendroctonus brevicomis</i>	Artículo Científico	2015	Bark beetle, <i>Ceratocystiopsis brevicomi</i> , <i>Entomocorticium</i> mutualism, Symbiosis, Temperature tolerance
Josep María Espelta	El cambio climático puede cambiar la proporción de sexos de los gorgojos de las	Artículo de divulgación	2015	Encinos



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	PALABRAS CLAVE
	bellotas			
Eric Boa	An illustrated guide to the state of health of trees	Simposio	<u>2003</u>	
Beverly Moore y Gillian Allard	Climate change impacts on forest health	Folleto	2008	
FAO	Global of forest pests and diseases	Folleto FAO	2009	
FAO	Los impactos del cambio climáticos en la sanidad forestal	Folleto FAO	2009	
FAO	Climate change guidelines for forest managers	Folleto Fao	2013	
Elene Paoletti	Improving awreness on climate change and forest health	Trabajo en congreso	2015	
FAO	Climate change and transboundary pests and disenses.	Folleto FAO	S/F	
FAO	El cambio climático, las plagas y las enfermedades transfronterizas	Folleto FAO	S/F	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	PALABRAS CLAVE
Charles E. Flower and Miquel A. Gonzalez-Meler	Responses of temperate forest productivity to insect and pathogen disturbances	Artículo Científico	2015	biological forcing, carbon, CO <sub>2</sub> , climate change, disturbance, ecosystem, net primary production, succession, temperature
T.D. Ramsfield, B.J. Bentz, M. Faccoli, H. Jactel and E.G. Brockerhoff	Forest health in a changing world: effects of globalization and climate change on forest insect and pathogen impacts	Artículo Científico	2016	biological invasions, climate change, forest resistance, modelling, risk, diagnostics
Jianbang. Gan	Risk and damage of southern pine beetle Outbreaks under global climate change	Artículo Científico	2004	Southern pine beetle; Infestation risk; Climate change; Panel data
K:A: Garrett, A:D:M: Dobson, J. Kruschel, B. Natarajan, S.Orlandini, H.E.Z. Tonn ang, C. Valdivia	The effects of climate variability and the color of weather time series on agricultural diseases and pests, and on decisions for their management	Artículo Científico	2011	Early warning systems, Environmental variability, Enviromental time series, Global warming
K.A. Garrett, G.A. Forbes, L. Gómez, M.A. González, M. Gray, P. Skelsey,	Cambio climático, enfermedades de las plantas e insectos plaga	Capítulo del libro	2013	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	PALABRAS CLAVE
A.H. Sparks				
Vellingiri Geethalakshmi	Impact of Climate Change on weeds, pest, diseases and others and Crop improvement	Presentación Power point	2009	
Maricelly Gómez Vargas, Catalina Galeano Higuita, Dumar Andrey Jaramillo Muñoz	THE STATE OF THE ART: A RESEARCH METHODOLOGY	Artículo Científico	2015	Metodología, investigación cualitativa, psicología, ciencias sociales
De: Ek del Val de Gortari	Las plagas agrícolas, una historia interminable	Revista de divulgación	2013	
David Gouachea,* , Arnaud Bensadounb, François Brunc, Christian Pagéd, David Makowskie, Daniel Wallachf	Modelling climate change impact on Septoria tritici blotch (STB) in France: Accounting for climate model and disease model uncertainty	Artículo Científico	2013	Climate change, Disease model, Bayesian method, Uncertainty, Global warming, Metropolis Hastings, Parameter estimation, <i>Triticum aestivum</i> L, <i>Septoria tritici</i>
Virginie Guyot, Bastien Castagneyrol, Aude Vialatte, Marc Deconchat and Hervé Jactel	Tree diversity reduces pest damage in mature forests across Europe	Artículo Científico	2016	associational resistance, biodiversity, ecosystem functioning



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	PALABRAS CLAVE
Hamada, Emilia; Ghini, Raquel	IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS EN BRASIL	Artículo Científico	2011	: atmospheric CO <sub>2</sub> concentration, geographical distribution, UV-B radiation.
Mainul Haq, MA Taher Mia, MF Rabbi y MA Ali	Incidence and severity of rice diseases and insect pests in relation to climate change	Simposio	2008	
C. V. Haridas, Lance J. Meinke, Bruce E. Hibbard, Blair D, Siegfried, and Brigitte Tenhumberg	Effects of temporal variation in temperature and density dependence on insect population dynamics	Artículo Científico	2016	climate change; degree-days; density dependence; <i>Diabrotica virgifera virgifera</i> LeConte; environmental variation; generalized Ricker function; population dynamic
Lia Hemerika, Konstanze Gebauerb, Rainer Meyhöfer	Comparison of the effect of predicted climate change on two agricultural pest-parasitoid systems	Artículo Científico	2015	temperature-dependent model, INSIM, development, climate change
Jeffrey A. Hicke, Jesse A. Logan, James Powell, and Dennis S. Ojima	Changing temperatures influence suitability for modeled mountain pine beetle ( <i>Dendroctonus ponderosae</i> ) outbreaks in the western United	Artículo Científico	2006	<i>Dendroctonus ponderosae</i> , modeling, changing temperature



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
	States			
KNPV	Pests and Climate Change'	Resumenes de Simposio	2008	
Varios	RESÚMENES DE LA MESA REDONDA "BIOLOGÍA DE ECOSISTEMAS y MANEJO DE PLAGAS ANTE EL CAMBIO CLIMATICO"	Resímenes de mesa redonda	2013	
Varios	Ecología de ecosistemas y manejo de plagas ante el cambio climático	Mesa redonda	2013	
Tomás Hlásny, Jirí Trombík, Jaroslav Holus, Karolina Lukaová, Marian Grendár, Marek Turcán, Milan Zubrik, Mara Tabakovic-Tosic, Anikó Hirka, Igor Buksha, Roman Modlinger Magdalena	Multi-decade patterns of gypsy moth fluctuations in the Carpathian Mountains and options for outbreak forecasting	Artículo Científico	2015	Lymantria dispar, European temperate forests, Pest management, Outbreak cycles, Population synchrony



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
Kacprzyk y Gyorgy Csóka				
José A. Hódar, Regino Zamora y Luis Cayuela	Cambio climático y plagas: Algo más que el clima.	Artículo Científico	2012	habitat management, pests, pine processionary moth, pine woodlands, woodland diversity and structure, wood plantations.
Jennifer Hushaw	Forest Pests and climate change	Nota de divulgación	2015	
inecc	Como afecta el cambio cliático la biodiversidad	Folleto	S/F	
IPCC	Technical Summary	Reporte técnico	2014	
By ANNA MARIA J "O NSSON and LARS B ARRING,	Future climate impact on spruce bark beetle life cycle in relation to uncertainties in regional climate model data ensambles	Artículo Científico	2010	Bark beetles, climate model
José Daniel González Coto	El cambio climático y su efecto sobre los organismos	Folleto	2014	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	PALABRAS CLAVE
V. Karuppaiah and G.K. Sujayanad	Impact of Climate Change on Population Dynamics of Insect Pests	Artículo Científico	2012	Climate change, Insect pests, Population dynamics
I. KOLLBERG,, H. BYLUND T. JONSSON, A. SCHMIDT J. GERSHENZON AND C. BJO RKMAN	Temperature affects insect outbreak risk through tritrophic interactions mediated by plant secondary compounds	Artículo Científico	2015	climate change; diterpenes; European pine sawfly; natural enemies; Neodiprion sertifer; plant defense; population dynamics; predation; regulation; Sweden.
J. Kroschel, M. Sporleder, R. Simon, H. Juarez, J. Gonzales, P. Carhuapoma, H. Tonnang	Predicting the effects of global warming on insect pests	Folleto	2010	
J. Kroschel, M. Sporleder, H.E.Z. Tonnang, H. Juarez, P. Carhuapoma, J.C. Gonzales, R. Simon	Predicting climate-change-caused changes in global temperature on potato tubermoth Phthorimaea operculella (Zeller) distribution and abundance using phenology modeling and GIS mapping	Artículo Científico	2013	Global warming, Pest risk, assessment, potato production, integrated pest management, Adaptatiòn planning



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	PALABRAS CLAVE
LADÁNYI, M. – HORVÁTH, L.	A REVIEW OF THE POTENTIAL CLIMATE CHANGE IMPACTON INSECT POPULATIONS - GENERAL AND AGRICULTURAL ASPECTS	Artículo Científico	2010	climate change, insects, pest management, simulation, agriculture
Zdeněk Laštůvka	Climate Change and Its Possible Influence on the Occurrence and importance of insect Pests	Artículo Científico	2009	climate change; insect pests; Czech Republic
Nicolás Leal Olvera	Fluctuación Poblacional del Dendroctonus mexicanus , Hopkins y variación estacional de la Tempertura y húmedad reltiva en SAN JUAN ESTADO, ETLA , OAXACA	Tesis de maestría	2014	
Pieter van Lierop a, Erik Lindquist a, Shiroma Sathyapala a, Gianluca Franceschini	Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events	Artículo Científico	2015	Forest disturbances, Fire, insect pests, weather events, Partial canopy cover reduction
Jesse A Logan, Jacques Régnière,	Assessing the impacts of global warming on	Artículo Científico	2003	global warming, pest



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
and James A Powell	forest pest dynamics	de revisión		dynamics
Cespad	El Gorgojo Descortezador, entre los efectos del cambio climático y la debil gobernanza forestal del Estado de Honduras	Reporte de periódico	2015	
M Mandrioli	Someone like it hot? Effects of global warming on insect immunity and microbiota	Artículo Científico	2012	global warming; immunity; microbiota composition; thermal tolerance; symbionts
Ing Agr Susana Martínez	EL TIEMPO, LAS PLAGAS (ANIMAL Y/O VEGETAL) Y LAS PLANTAS. PRONOSTICOS DE ENFERMEDADES Y PLAGAS	Apuntes de curso	2009	
G.J. MASTERS, V.K. BROWNS,I.P. CLARKE, J.B. WHITTAKER and J.A. HOLLIER	Direct and indirect effects of climate change on insect herbivores : Auchenorrhyncho (Homoptera)	Artículo Científico	1998	Auchenorrhyncha, climate change, insect herbivores, insect-plant-interactions
Don McKenzie, David L. Peterson,	Global warming and stress complexes in	Artículo Científico	2007	Sin



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
Jeremy Littell	forests of western North America			
Constance I. Millar and Nathan L. Stephenson	Temperate forest health in an era of emerging megadisturbance	Nota científica	2015	
Leen G. Moraal, Gerard A.J.M. Jagers op Akkerhuis	Changing patterns in insect pests on trees in The Netherlands since 1946 in relation to human induced habitat changes and climate factors - An analysis of historical data	Artículo Científico	2011	Insect, Pests, invasive alien species, foest management, Tree composition, climate change, Time series, Monitoring, Life History tactics.
National Agriculture and climate change acción plan	Climate change impacts on pest animal and weeds		2008	
Sigrid Netherer , Axel Schopf	Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests- General aspects and tha pine processionary moth as specific example	Artículo Científico	2010	Climate change, insect herbivores, Pest outbreaks, Species distribution, European forests, Thaumetopoea pityocampa
José Alberto Pardos	Los ecosistemas	Capítulo	2010	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
	forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global	de un libro		
Catherine G. Parks and Pierre Bernier	Adaptation of forests and forest management to changing climate with emphasis on forest health: A review of science, policies and practices	Nota editorial	2010	
Martín Perez Camacho	Los factores del sitio y su relacion con el ataque del descortezador Dendroctonus adjuntus En el Bosque de pinus hartwegii	Tesis de maestría	2010	
Mercedes Pérez de A., Eustaquio Arnal, Enio Soto y Asdrúbal Aponte	El clima y su relación con las principales plagas y enfermedades del tomate de árbol en el Jarillo, Estado Miranda, Venezuela	Revista digital	2006	
Carlos Pérez, Iaire Nicklin, Olivier Danger, Steven Vanek, Stephan Halloy, Karen A. Garrett, Gregory	CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ZONA ALTO-ANDINA: IMPLICACIONES Y ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN PARA PEQUEÑOS	Taller de consulta	2010	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
Forbe	AGRICULTORES			
Curtis Petzoldt	Climate Change Effects on Insects and Pathogens	Folleto	S/F	
E.A. Pinkard, M.Baltaglia, J.Bruce, A. Lerieche y D.J. Kriticos	Process-based modelling of the severity and impact of foliar pest a Hack on eucalypt plantation productivity under current and future climates	Artículo científico	2010	Climex, cabala, Pest distributiòn, plantatiòn productivity, climate change, Elevated CO2
Kenneth F. Raffaa,Erinn N. Powella, and Philip A. Townsend	Temperature-driven range expansion of an irruptive insect heightened by weakly coevolved plant defenses	Artículo científico	2013	climate change coevolution disturbance plant-insect interactions  forest insect
T.D.Ramsfield,B.J.B entz,M.Faccoli, H.Jactel andE.G.Brockhoff ,	Forest health in a changing world: effects of globalization and climate change on forest insect and pathogen impacts	Artículo científico	2016	biological invasions, climate change, forest resistance, modelling, risk, diagnostics
J. Régnière	Predicting insect	Capitulo	2009	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
	continental distributions from species physiology	de un libro		
INIFAP	Ciencias Agricolas	Revista	2007	
M. Rivera Rojas, B. Locatelli y R. Billings	Cambio climático y eventos epidémicos del gorgojo descortezador del pino <i>Dendroctonus frontalis</i> en Honduras	Artículo científico	2010	plagas forestales, bosques de pino, manejo forestal, anomalías climáticas.
Milton Rivera Rojas	IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMATICO E EVETOS EPIDÉMICOS DEL GORGOJO DESCORTEZADOR DEL PIO <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) E HODURAS	Tesis de Maestría	2007	
Riziero Tiberi, Manuela Branco, Matteo Bracalini, Francesco Croci, Tiziana Panzavolta	Cork oak pests: a review of insect damage and management	Artículo científico	2016	<i>Quercus suber</i> , Cork oak decline, Climate change, Forest management
UNAM	REPORTE MEXICANO de Cambio Climático	Libro	2015	mitigación al cambio climático en México



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
Cristian Rolland, Guy Lempériere	Effect of climate on radial growth of Norway spruce and interactions with attacks by the bark beetle Dendroctonus micans (Kug., Coleoptera: scolytidae).a dendroecological study in the FRENCH Massif Central	Artículo científico	2004	Dendroctonus micans; Picea abies; Dendroecology; Drought;Tree-ring
Jonas Roos, Richard Hopkins, Anders Kvarnheden and Christina Dixelius	The impact of global warming on plant diseases and insect vectors in Sweden	Artículo científico	2011	Agricultural crops, Climate change, Pathogens
INIFAP_SAGARPA	PLAGAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN MÉXICO: Aspectos de su biología y ecología.	Libro Técnico	2013	
Rupert Seidl . Werner Rammer	Climate change amplifies the interactions between wind and bark beetle disturbances in forest landscapes	Artículo científico	2016	Forest disturbance interactions, Windthrow,Ips typographus,Disturbance modeling, Climate change impacts, Picea abies

AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	PALABRAS CLAVE
Gabriel Sangüesa, Juan Carlos Linares, J Julio Camarena	Reduced growth Sensitivity to climate in bark-beetle infested Aleppo pines: Connecting climatic and biotic drivers of forest dieback	Artículo científico	2015	Drought stress, Bark beetles, Dendroecology, carbòn isotopes, pinus halepensis
SCION	The impact of pests, diseases and weeds cause significant economic losses in planted forests. These risks are expected to increase with climate change as average temperatures rise	Folleto	2012	
Rupert Seidl . Werner Rammer, Dietmar Jäger, Manfred J. Lever	Impact of bark beetle ( <i>Ips typographus</i> L.) disturbance on timber production and carbòn sequestration in different management strategies under climate change	Artículo científico	2008	Forest management, carbòn storage, Natural disturbance, Bark beetle, <i>Ips typographus</i> , climatic change, Secundary coniferous forests, <i>Picea abies</i> , <i>Picus</i> , Simulation
Hari C. Sharma	Global Warming and Climate Change: Impact on Arthropod Biodiversity, Pest Management, and Food	Publicaciòn Tècnica	2010	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
	Security			
Aaron M. Sidder, Sunil Kumar, Melinda Laituri, and Jason S. Sibold	Using spatiotemporal correlative niche models for evaluating the effects of climate change on mountain pine beetle	Artículo científico	2016	climate change; <i>Dendroctonus ponderosae</i> Hopkins; disturbance ecology; forest ecology; insect pests; model transferability; species distribution models
Julian Smith	Crops, crop pests and climate change – why Africa needs to be better prepared	Folleto	2015	
CAMILLE STEVENS-RUMANN, PENELOPE MORGAN, AND CHAD HOFFMAN	Bark beetles and wildfires: How does forest recovery change with repeated disturbances in mixed conifer forests	Artículo científico	2015	bark beetle and fire interactions; <i>Dendroctonus brevicomis</i> ; <i>Dendroctonus pseudotsugae</i> ; dry mixed conifer forests; northwestern USA; repeated disturbances; wildfire.
R.N. Sturrock, S.J:Frankel, A.V:Brown, P.E. Hennon, J.T.	Climate change and forest diseases	Artículo científico	2011	Forest management, forest pathogens, plant disease management, plant pathogens,

AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	PALABRAS CLAVE
Kliejunas, K.J. Lewis, J.J.Worrall y A.J. Woods				sudden aspen decline, yellow- Cedar decline
CHRISTIAN TEMPERLI, THOMAS T. VEBLEN, SARAH J. HART DOMINIK KULAKOWSKI AND ALAN J. TEPLEY	Interactions among spruce beetle disturbance, climate change and forest dynamics captured by a forest landscape model	Artículo científico	2015	climate change; <i>Dendroctonus rufipennis</i> ; forest dynamics; landscape model LandClim; northwestern Colorado; <i>Picea engelmannii</i> .
Linda J. Thomson, Sarina Macfadyen, Ary A. Hoffmann	Predicting the effects of climate change on natural enemies of agricultural pests	Artículo científico	2010	Climate change, carbon dioxide, Global warming, Biological pest control, <i>Epiphyas postvittana</i> , light brown applemonth, predador, Parasitoid, Phenology
Riziero Tiberi, Matteo Bracalini, Francesco Croci, Guido Tellini Florenzano & Tiziana Panzavolta	Effects of climate on pine processionary moth fecundity and on its egg parasitoids	Articulo Científico	2015	Encyrtidae, Eulophidae, Hymenoptera, Lepidoptera, Notodontidae, temperature
Unions Agrarias	El sector silvícola Gallego frente al cambio climàtico	Folleto	S/F	
Unions Agrarias	Hàbitats y especies	Folleto	S/F	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
	agroforestales más sensibles al Cambio Climático			
Pieter van Lieropa, Erik Lindquista, Shiroma Sathyapala, Gianluca Franceschin	Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather eventsq	Artículo científico	2015	Forest disturbances, Fire, insect pests, weather events, Partial canopy cover reduction
Santiago Varela y Mariana Weigandt	Estrés en árboles y su efecto sobre la susceptibilidad a invasión por insectos.	Artículo Técnico	2009	
Luis L. Vázquez	CAMBIO CLIMÁTICO, INCIDENCIA DE PLAGAS Y PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS RESILIENTES	Capítulo de libro	2011	
David Wainhouse and Daegan J.G. Inward	The influence of climate change on forest insect pests in Britain	Nota de investigación	2016	
David W. Williams Andrew M. Liebhold	Climate Change and the Outbreak Ranges of Two North American Bark Beetle	Artículo científico	2002	Climate change, Dendroctonus frontalis, Dendroctonus ponderosae, discriminant analysis, geographical range shift,



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
				insect out break
Alex J. Woods, Don Heppner, Harry H. Kope, Jennifer Burleigh and Lorraine Maclachlan	Forest health and climate change: A British Columbia perspective	Artículo científico	2010	climate change, forest health, forest insects, forest pathogens, forest management, British Columbia
Shou-Horng Huang, Ching-Huan Cheng y Wen-Jer Wu	Possible Impacts of climate change on Rice insect Pests and Management Tactics in Taiwan	Artículo científico	2010	Climate change, Rice, Insect pests, Taiwan
Barbara J. Bentz, Christopher J. Fettig, E. Matthew Hansen, Jane L. Hayes, Jeff Hicke, Rick Kelsey, John Lundquist, Jose F. Negrón, Rob Progar, Jacques Régnière, Steven J. Seybold, and Jim Vandygriff	Climate Change and Western U.S. Bark Beetles: Rapid Threat Assessment	Folleto	S/F	
Thomas E. Kolb, Christopher J.	Forest Insect and Fungal Pathogen Responses	Publicació	2016	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
Fettig, Barbara J. Bentz, Jane E. Stewart, Aaron S. Weed, Jeffery A. Hicke y Matthew P. Ayres	to Drought	n Técnica		
Muhammad Mohsin Raza, Muhammad Aslam Khan, Irfan Ahmad, Ali Ahsan Bajwa, Hafis Muhammad Usman Aslam, Badar Ahsan Ullah y Kashif Riaz	FOREST PATHOGENS AND DISEASES UNDER CHANGING CLIMATE	Artículo Científico	2015	Climate Change; Diseases; Ecosystem; Forest Management; Pest Management.
Kaspars Polmanis, Anita Baumane, Imants Baumanis y Solveiga Luguza	Influence of Meteorological Factors on Needle Cast Damage in Young of Meteorological Factors on Needle	Artículo Científico	2015	resistance, fungal infection, forest tree breeding, temperature, precipitation.
Joan Webber and Hugh Evans	Pests and diseases	Reporte Técnico	2002-2003	
Anna Hopkins and Johanna Boberg	Risk assessment and establishment of a system to address potential pathogens in Nordic and Baltic	Reporte técnico	2012	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACION	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
	forestry as a result of climate change			
CONAFOR	PROBLEMÁTICA DE ARBOLADO MUERTO O AFECTDO POR PLAGAS Y ENFERMEDADES Y SU ATENCION	Presentación Power point	S/F	
John T. Kliejunas, Brian W. Geils, Jessie Micales Glaeser, Ellen Michaels Goheen, Paul Hennon, Mee-Sook Kim, Harry Kope, Jeff Stone, Rona Sturrock y Susan J. Frankel	Review of Literature on Climate change and Forest Diseases of Western North America	Artículo Científico	2009	Climate change, forest pathogens, forest tree diseases.
Petter Öhrn	The spruce bark beetle Ips typographus in a changing climate- Effects of weather conditions on the biology of Ips typographus	Folleto	2012	
Holger Lange, Bjørn Økland and Paal	Thresholds in the life cycle of the spruce bark	Folleto	2006	



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACION	PALABRAS CLAVE
Krokene	beetle under climate			
Milton Rivera Rojas	IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMATICO N EVENTOS EPIDÉMICOS DEL GORGOJO DESCORTEZADOR DEL PINO <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmermann (Coleoptera:Curculionidae, Scoltinae) EN HONDURAS	Tesis de Maestría	2007	
Jönsson Belyazid, Ulrika	Phytophthora and Oak Decline - Impact on Seedlings and Mature Trees in Forest Soils	Disertación Doctoral	2004	
N. M. Tchebakova, N. A. Kuzmina, E. I. Parfenova, V. A. Senashova, and S. R. Kuzmin	Potential climate-induced distributions of <i>Lophodermium</i> needle cast across central Siberia in the 21 century	Artículo Científico	2016	
Jeffrey K. Stone, Leonard B. Coop, and Daniel K. Manter	Predicting effects of climate change on Swiss needle cast disease severity in Pacific Northwest forest	Artículo Científico	2008	Douglas-fir, Mycosphaerella, Phaeocryptopus, Pseudotsuga.



AUTORES	TITULOS	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	PALABRAS CLAVE
R. N. Sturrocka, S. J. Frankelb, A. V. Brown, P. E. Hennond, J. T. Kliejunas, K. J. Lewise, J.J. Worrallf and A. J. Woodsg	Climate change and forest diseases	Artículo Científico	2010	forest management, forest pathogens, plant disease management, plant pathogens, sudden aspen decline, yellow-cedar decline