

Nathalie S. Hernández Quiroz y Ernesto I. Badano



# Cambio climático y bosques de encinos

El cambio climático constituye una amenaza para la biodiversidad de México; un grupo de plantas vulnerable es el de los encinos. Para estimar cómo el cambio climático afectará a estas especies se confeccionaron modelos de nicho. Éstos indican que el hábitat disponible para los encinos se verá reducido dramáticamente si no se implementan acciones para mitigar el cambio climático.

## ¿Qué es el cambio climático?

El cambio climático es cualquier modificación en el clima que persista a través del tiempo (Stocker y Qin, 2013). Nuestro planeta ha sufrido varios cambios climáticos que han ocurrido de manera natural a lo largo de su historia, principalmente debidos a variaciones orbitales y alteraciones en la cantidad de



energía solar que recibe la superficie terrestre (Zachos y cols., 2001). Estos cambios han ocurrido de manera paulatina y se reflejaron en periodos sucesivos de calentamiento y enfriamiento que duraron varios milenios desde su inicio hasta su fin. Sin embargo, desde los albores de la Revolución Industrial en el siglo XVIII y hasta la actualidad, las actividades humanas han exacerbado los procesos naturales de cambio climático y han causado un incremento acelerado en la temperatura terrestre. Entre las actividades humanas que más contribuyen a este fenómeno se encuentra el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, principalmente debido a la quema de combustibles fósiles (Stocker y Qin, 2013).

Los principales gases de efecto invernadero resultantes de la quema de combustibles fósiles son compuestos derivados del carbono, el nitrógeno y el fósforo. El ejemplo más claro, y quizás el más alarmante de esta situación, es el incremento en la concentración atmosférica de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que pasó de 280 partes por millón (ppm) en la era preindustrial (siglo XVII), hasta 402 ppm en 2015 (Dlugokencky y Tans, 2015).

En adición a esta problemática, también cabe destacar que desde mediados del siglo XX las actividades humanas han reducido dramáticamente la cobertura de los ecosistemas naturales que procesan y fijan estos gases. Por ejemplo, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2010) estimó que, solamente en la última década, más de 13 millones de hectáreas de ecosistemas forestales fueron transformadas en campos destinados al desarrollo de actividades agropecuarias. Asimismo, las proyecciones a futuro para los suelos con vocación forestal no son muy alentadoras: se estima que para el





año 2030 la superficie destinada a la agricultura y el aprovechamiento pecuario se incrementará en más de 320 millones de hectáreas.

Debido a la fuerte amenaza que estos cambios inducidos por los seres humanos representan para la vida en el planeta, en 1988 se creó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Este organismo tiene como finalidad realizar evaluaciones integrales, con fundamentos científicos sólidos, sobre las consecuencias del cambio climático. El IPCC ha reportado que la temperatura promedio del planeta se ha incrementado 0.6 °C en los últimos tres siglos. Asimismo, pronostica que, de no realizarse esfuerzos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar los cambios en el uso de suelo, la temperatura media global en el año 2100 se incrementará entre 3.7 y 4.8 °C, con relación a los niveles reportados en los inicios de este milenio. Los modelos climáticos generados por el IPCC también predicen variaciones en los regímenes de precipitación conforme el clima se torne más cálido. En este sentido, se esperan eventos de lluvia más torrenciales, pero que ocurrirán en periodos cada vez más espaciados, lo cual podría generar un fuerte **déficit hídrico** en diversas regiones del planeta (Stocker y Qin, 2013).

**Déficit hídrico**

Escasez de agua debido a que la tasa de evaporación es superior a las precipitaciones.

**Plantas vasculares**

Plantas que poseen vasos de conducción de agua y nutrientes (xilema y floema).

**¿Cómo influye el cambio climático sobre las especies?**

Para entender cómo el cambio climático puede afectar a las especies silvestres, primero es necesario comprender cómo el clima influye en su distribución. La teoría ecológica enuncia que las especies no se distribuyen al azar en el planeta, sino que existe una correspondencia entre las características que definen a cada especie y los sitios donde se desarrollan sus poblaciones. En otras palabras, cada especie sólo puede sobrevivir y reproducirse dentro de cierto rango de condiciones ambientales. Esto conduce a introducir dos conceptos fundamentales para entender la distribución de las especies. El primero de ellos es el concepto de *nicho ecológico*, el cual hace referencia al conjunto total de condiciones ambientales que permiten la supervivencia y reproducción de una

especie dada. El otro concepto es el de *hábitat*, que se refiere a los espacios físicos que contienen las condiciones ambientales necesarias para la supervivencia de las especies.

En el caso de las plantas, que son los principales fijadores de carbono en los ecosistemas terrestres, los procesos de germinación, crecimiento y reproducción están fundamentalmente regulados por la temperatura y humedad del ambiente. Así, los hábitats donde se encuentran las diferentes especies vegetales son aquellos donde los valores de estas variables climáticas coinciden con los requerimientos definidos por sus nichos ecológicos. Sin embargo, cuando los valores de temperatura y humedad se alejan de los óptimos para permitir que las especies desarrollen sus ciclos de vida (como pueden ser temperaturas elevadas y escasez de precipitaciones), se propician condiciones de estrés fisiológico. Aunque las plantas poseen diversos mecanismos para reducir sus tasas metabólicas y así enfrentar dichas situaciones de estrés, es importante destacar que si estas condiciones prevalecen por periodos prolongados pueden causar la muerte de los individuos, e incluso provocar la extinción local de las especies. De esta manera, si el cambio climático altera los hábitats donde se desarrollan las plantas, estos cambios se verán reflejados en los ámbitos de distribución de las especies.

**Los encinos: especies icónicas de México**

En México existen aproximadamente 25 000 especies de **plantas vasculares** agrupadas en 2 800 géneros (Villaseñor, 2004), lo cual posiciona al país como el quinto con mayor diversidad vegetal en el planeta. Un género que destaca es *Quercus*, cuyas especies son conocidas como robles o encinos. Están presentes en todos los estados de la República y, de las 531 especies descritas a nivel mundial, 161 se encuentran en México; de ellas, más de 90 son endémicas. Aunque existen especies de encinos con crecimiento arbustivo, la mayoría presenta la forma de crecimiento arbórea. Se estima que pueden llegar a vivir más de 200 años (Zavala-Chávez, 2003).

Los encinos destacan por la gran cantidad de funciones ecosistémicas en las que están involucrados y



por la elevada diversidad que sustentan. Sus bellotas –fruto característico de estas especies– son utilizadas como alimento por aves, ardillas, roedores y otros mamíferos; son una de las fuentes nutricionales más importantes en estos bosques. Los troncos y las ramas de los encinos proveen un hábitat para aves, abejas, escarabajos y plantas epífitas, como orquídeas y bromelias. Los encinos también son relevantes en términos socioculturales, ya que han sido utilizados como fuentes de alimento y recursos maderables por las comunidades indígenas desde tiempos precolombinos. También tienen diversos usos etnobotánicos

en la medicina tradicional de México, donde son utilizados para tratar más de 30 padecimientos, que incluyen dolor muscular, gastritis, diabetes, problemas de circulación y pulmones, entre otros. En el aspecto económico, ocupan el segundo lugar nacional en aprovechamiento forestal –luego de los pinos– y son principalmente utilizados para la producción de carbón y la construcción de embarcaciones.

Aunque estas características hacen de los encinos un grupo importante para la conservación, la realidad en el país indica lo contrario. Sus bosques originalmente cubrían más de 10% de la superficie nacional, pero más de la mitad de éstos fueron remplazados por campos agrícolas y ganaderos a lo largo de los últimos 400 años. Ningún miembro del género *Quercus* está incluido en el marco legal que regula la protección de especies en México (NOM-059-SEMARNAT-2010, Ley

General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente) y las agencias forestales nacionales no suelen considerar a este grupo como especies prioritarias para la reforestación. Esta situación se debe, al menos en parte, a que los conocimientos sobre la ecología y la distribución de estas especies son incompletos. Inclusive, pese a que están considerados como un grupo altamente susceptible al cambio climático (Gómez-Mendoza y Arriaga, 2007), aún no se han evaluado las posibles respuestas de estas especies ante las condiciones de temperatura y precipitación que se pronostican para el futuro.



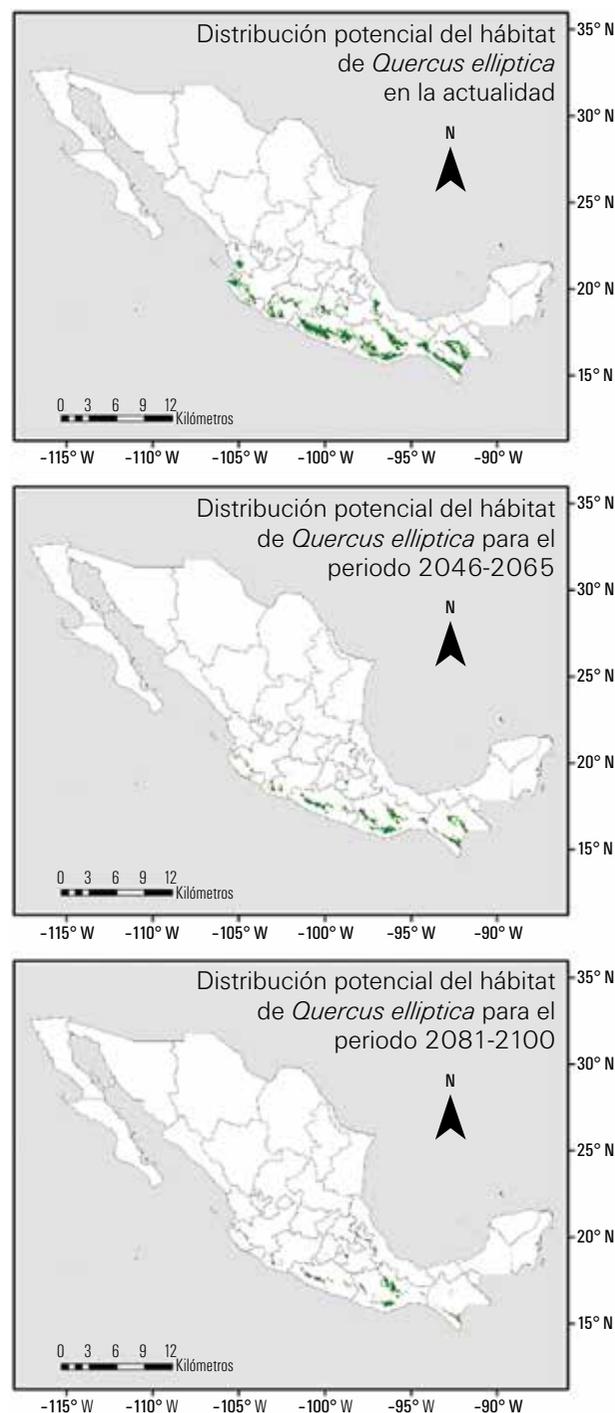
### Escenarios de cambio climático para los encinos de México

Recientemente algunas investigaciones se han enfocado en modelar los ámbitos de distribución de las plantas para establecer cómo el cambio climático las puede afectar. Estas investigaciones se fundamentan en correlaciones de datos de presencia/ausencia con las variables climáticas que definen el nicho ecológico de cada especie. Esta metodología, comúnmente conocida como *modelación de nicho climático*, permite visualizar la distribución potencial del hábitat disponible para una especie bajo las actuales condiciones climáticas dentro de una región geográfica determinada. Posteriormente, los modelos son extrapolados sobre los escenarios climáticos predichos para el futuro en la misma región geográfica, lo cual permite analizar si habrá desplazamientos en cuanto a los ámbitos de distribución de cada especie (Matías, 2012).

Con base en estos modelos, se estimó que los bosques del género *Quercus* de la Península Ibérica reducirán sus ámbitos de distribución en más de 90% para el año 2080 (Benito y cols., 2008). En México se han realizado investigaciones similares para bosques de pinos y encinos, las cuales indican que su cobertura se reducirá entre 14 y 20% para el año 2050 (Gómez-Mendoza y Arriaga, 2007). Sin embargo, estas estimaciones aún son muy generales, ya que incluyen a todas las especies que componen un tipo de vegetación. Así, aún faltan predicciones concretas para especies particulares, cuyas respuestas ante el cambio climático pudieran ser más dramáticas.

Actualmente, en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C., se están generando modelos de nicho climático para estimar la distribución actual y futura de la mayor cantidad de especies de encinos mexicanos que sea posible (58 especies, hasta el momento). Para los escenarios de distribución en el futuro se están considerando las predicciones del modelo climático global RCP8.5 del IPCC, el cual estima que en México habrá un incremento de 2.0 °C en la temperatura promedio para el periodo 2046-2065, y de 3.7 °C para el periodo 2081-2100, ambas estimaciones en relación con la temperatura promedio reportada a inicios de este siglo. Nuestros resultados indican que los ámbitos de distribución de

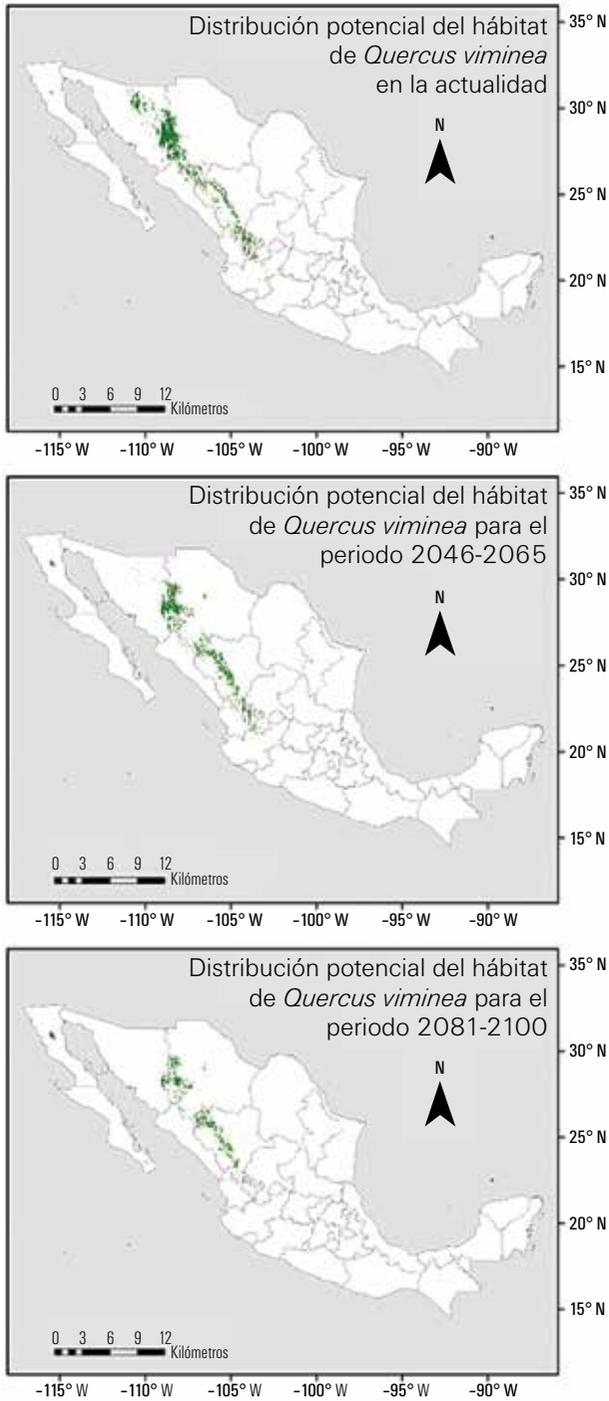
la mayor parte de los encinos mexicanos se reducirán en el futuro. Los ejemplos más claros de esta situación son *Quercus elliptica*, encino característico entre el centro y sur del país (véase la Figura 1); *Quercus*



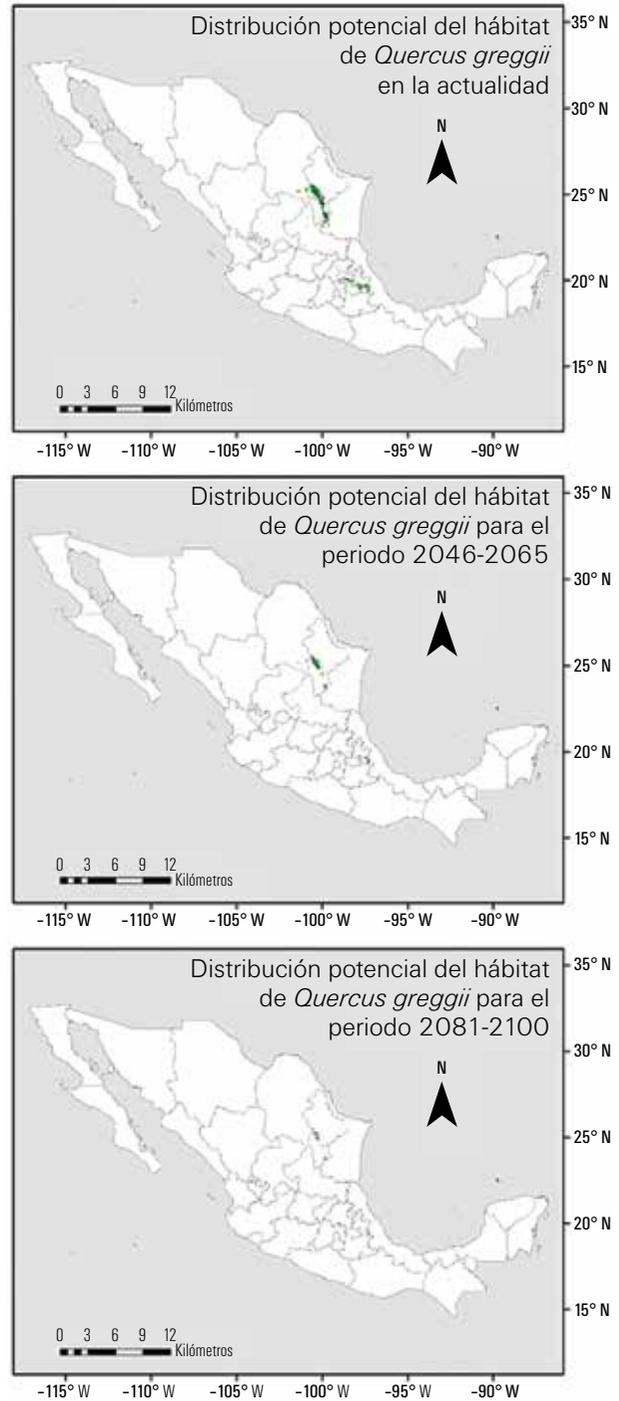
**Figura 1.** Distribución potencial del hábitat estimada para *Quercus elliptica* en la actualidad y predicciones para los periodos 2046-2065 y 2081-2100 en caso de no implementarse acciones destinadas a mitigar el cambio climático.

*viminea*, muy abundante entre el centro y el noroeste de México (véase la Figura 2), y *Quercus greggii*, cuya distribución está restringida a secciones particulares de la Sierra Madre Oriental (véase la Figura 3).

Los datos de presencia registrados para *Quercus elliptica* se concentran en los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Oaxaca, y el modelo de nicho climático de esta especie indica



**Figura 2.** Distribución potencial del hábitat estimada para *Quercus viminea* en la actualidad y predicciones para los periodos 2046-2065 y 2081-2100 en caso de no implementarse acciones destinadas a mitigar el cambio climático.



**Figura 3.** Distribución potencial del hábitat estimada para *Quercus greggii* en la actualidad y predicciones para los periodos 2046-2065 y 2081-2100 en caso de no implementarse acciones destinadas a mitigar el cambio climático.



que su hábitat potencial cubre 73 307 km<sup>2</sup> en la actualidad (Figura 1). Bajo las condiciones climáticas previstas para el periodo 2046-2065, se predice que el hábitat potencial de *Quercus elliptica* se reducirá a 27 412 km<sup>2</sup>; mientras que para el periodo 2081-2100 se predice una reducción a 17 302 km<sup>2</sup> (Figura 1). Este cambio se concentrará en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Se estima una pérdida de más de 76% en el hábitat disponible para esta especie a finales del siglo.

Por su parte, la presencia de *Quercus viminea* ha sido registrada principalmente en Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Jalisco, Sinaloa y Sonora. El modelo de nicho climático generado para esta especie predice que su hábitat potencial actualmente cubre más de 59 813 km<sup>2</sup> (Figura 2). Sin embargo, al extrapolar este modelo sobre las condiciones climáticas previstas para los periodos 2046-2065 y 2081-2100, se estima que su ámbito potencial de distribución se reducirá a 43 285 km<sup>2</sup> y 28 418 km<sup>2</sup>, respectivamente (Figura 2). Las principales pérdidas de hábitat para esta especie se prevén en los estados de Chihuahua y Durango, con reducciones de

hasta 52% en los sitios que concentran las poblaciones más grandes de esta especie.

Como se mencionó anteriormente, la distribución de *Quercus greggii* se encuentra restringida a la Sierra Madre Oriental, principalmente en las porciones que corresponden a Hidalgo, Nuevo León, Puebla y Tamaulipas. Como consecuencia de esta limitada distribución, el modelo de nicho climático de esta especie predice que la distribución actual de su hábitat potencial apenas alcanza 14 733 km<sup>2</sup> (Figura 3). Sin embargo, para el periodo 2046-2065 se prevé que el hábitat potencial de *Quercus greggii* se reducirá en más de 60% (5 215 km<sup>2</sup>), y para el periodo 2081-2100 su hábitat potencial cubrirá menos de 15% (2 357 km<sup>2</sup>) de su actual distribución (Figura 3). A diferencia de las especies de encinos descritas anteriormente, las cuales pudieran conservar sus poblaciones en porciones significativas del territorio nacional bajo escenarios climáticos adversos, el caso de *Quercus greggii* es mucho más crítico porque sus poblaciones pudieran ser llevadas al borde de la extinción.

Estos resultados permiten proponer que los encinos mexicanos presentarán reducciones significati-

vas en sus ámbitos de distribución ante los escenarios climáticos predichos para el futuro. Las especies que poseen amplia distribución verán fuertemente reducida la cantidad de hábitat disponible para el desarrollo de sus poblaciones, mientras que aquellas con distribuciones restringidas pueden ser altamente vulnerables a procesos de extinción.

Si bien los encinos son especies icónicas de México, lo más probable es que no sean las únicas especies forestales susceptibles al cambio climático. Por este motivo, es esencial ampliar estas investigaciones hacia otros grupos de plantas que forman parte de los ecosistemas forestales mexicanos. Esto permitirá establecer su grado de vulnerabilidad ante el cambio climático y proponer estrategias de manejo adaptativo que permitan asegurar que los ecosistemas sigan prestando los servicios ambientales de los cuales dependen nuestras actividades.

#### Nathalie S. Hernández Quiroz

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C.

nathalie.hernandez@ipicyt.edu.mx

#### Ernesto I. Badano

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C.

ernesto.badano@ipictr.edu.mx

#### Lecturas recomendadas

- Benito, G. M., R. Sánchez de Dios y O. H. Sainz (2008), "Effects of climate change on the distribution of Iberian Tree Species", *Applied Vegetation Science*, 11(2): 169-178.
- Dlugokencky, E. y P. Tans (2015), "Earth system research laboratory, global monitoring". Disponible en: <[www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends)>. Consultado el 22 de marzo de 2016.
- FAO (2010), *Global forest resources assessment 2010*, Roma, Organización de las Naciones Unidas.
- Gómez-Mendoza, L. y L. Arriaga (2007), "Modeling the effect of climate change on the distribution of oak and pine species of Mexico", *Conservation Biology*, 21(6):1545-1555.
- Matías, L. (2012), "Cambios en los límites de distribución de especies arbóreas como consecuencia de las variaciones climáticas", *Ecosistemas*, 21(3):91-96.
- Stocker, T. F. y D. Qin (eds.) (2013), *Climate change 2013: The physical science basis*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Villaseñor, J. L. (2004), "Los géneros de plantas vasculares de la flora de México", *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75:105-135.
- Zachos, J., M. Pagani, L. Sloan, et al. (2001), "Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present", *Science*, 292:686-693.
- Zavala-Chávez, F. (2003), *Identificación de encinos de México*, 2ª ed., México, Universidad Autónoma de Chapingo.

