

Impactos potenciales del cambio climático en la producción de nuez en la Región del Noroeste de México y Suroeste de Estados Unidos

Potential impacts of climate change on pecan production in the Northwest Mexico and Southwest USA region *

J.G. MEXAL^{1,2} Y E. HERRERA¹

Recibido: Agosto 08, 2013

Aceptado: Febrero 02, 2014

Resumen

El nogal pecanero (*Carya illinoensis* [Wangenh] K. Koch) es un cultivo económicamente importante tanto para México como para Estados Unidos de América. El Cambio climático (con incrementos en bióxido de carbono, incremento en la temperatura y reducciones en las precipitaciones pluviales) puede afectar seriamente la producción en las huertas nogaleras. Este artículo aborda algunos de los impactos potenciales del incremento del CO₂ y de las temperaturas diarias en el crecimiento de los árboles de nogal, su dormancia y sus interacciones con los insectos-plaga.

Palabras clave: *Carya illinoensis*, nogal pecanero, cambio climático, sequía, CO₂, bióxido de carbono, requerimientos de riego.

Abstract

The pecan (*Carya illinoensis* [Wangenh] K. Koch) is an economically important crop for both Mexico and the United States of America. The Climate Change (with increases in carbon dioxide, increases in temperature and reductions in rainfall) can seriously affect production in the orchards of walnut groves. This article discusses some of the potential impacts of increased CO₂ and daily temperatures in the growth of walnut trees, its dormancy and its interactions with pest insect.

Keywords: *Carya illinoensis*, pecan, climate change, drought, CO₂, carbon dioxide, irrigation requirements

Introducción

El cambio climático se refiere a cualquier variación de temperatura, precipitación o viento. El cambio puede ser de corta duración, pero más comúnmente se refiere a los cambios a largo plazo que pueden persistir durante décadas o mayor tiempo. Históricamente, el clima ha cambiado de manera gradual durante miles de años. Sin embargo, los cambios recientes han sido abruptos y ligados a factores antropogénicos, incluyendo la deforestación y la industrialización. Más notable ha sido el aumento de los niveles del dióxido de carbono atmosférico (CO₂), propiciados por la deforestación y la quema de combustibles fósiles. Antes de la industrialización, los niveles de CO₂ atmosférico eran estables en alrededor de 280 ppm. Recientemente, los niveles de CO₂ alcanzaron 400 ppm por primera vez en la historia moderna (Anon, 2013).

¹ Universidad Estatal de Nuevo México. Departamento de Ciencias Ambientales y de Plantas. Las Cruces, NM. EUA. 88003.

² Dirección electrónica del autor de correspondencia: jmexal@ad.nmsu.edu.

* Traducción realizada por el Dr. Julio César López Díaz

Cualquier cambio climático, si se vincula particularmente con el aumento de los niveles de CO₂, puede impactar potencialmente la agricultura. Esto es especialmente cierto para las regiones del suroeste de Estados Unidos de América (E.U.A.) y el noroeste de México (en lo sucesivo, referido a estas dos regiones como la «Región del Oeste») donde la producción de la nuez es un componente fundamental de la agricultura de la región. Existen más de 90,000 hectáreas de nogales en la Región del Oeste, con un valor anual de producción superior a los \$7 mil millones de pesos al año (NMDA, 2010; SAGARPA, 2011).

El objetivo de este artículo es abordar varias cuestiones, enfocándonos en la Región del Oeste:

¿Está aumentando el CO₂ atmosférico?

¿El clima se está calentando?

¿Se espera que la precipitación anual disminuya?

¿El clima se está haciendo cada vez más variable (extremoso)?

¿Qué significa todo esto para el manejo de los nogales, particularmente para los problemas de plagas?

CO₂ atmosférico

Los niveles de bióxido de carbono han aumentado constantemente desde el siglo XIX (1800's). En el año 2007, los niveles de CO₂ alcanzaron 385 ppm y se pronosticaba que llegaría a 450 ppm en el año 2050. En mayo de 2013, los niveles de CO₂ alcanzaron 400 ppm, y ahora se espera que el objetivo de 450 ppm pueda ser alcanzado en el año 2030 (Zinati, 2011). En lo general, se acepta que el aumento de los niveles de CO₂ beneficiará a la agricultura, debido a que el CO₂ limita la reacción fotosintética. Esto supone que otros factores no son limitantes; por ejemplo, que el riego es adecuado para mantener los estomas abiertos, que la fertilización nitrogenada es adecuada para producir la cantidad suficiente de la enzima necesaria para que la fotosíntesis

se presente, que las aspersiones recomendadas de zinc son aplicadas, y que las aplicaciones de fósforo son adecuadas para generar ATP en abundancia para la fotosíntesis. Por consiguiente, el productor puede optimizar el beneficio de los niveles crecientes de CO₂ mediante el manejo adecuado de su cultivo.

El rendimiento de los cultivos agronómicos se ha incrementado últimamente hasta 33% (Zinati, 2011) con el aumento de los niveles de CO₂, pero ha habido poca investigación de largo plazo en cultivos perennes, tales como el nogal. La investigación en cultivos silvícolas indica que una mejora del crecimiento de alrededor del 5% puede esperarse en el largo plazo: 2 a 5 años (Bloom, 2009). Este aumento se producirá sin cambiar las prácticas de riego (no obstante los cambios de temperatura asociados). Por tanto, la eficiencia en el uso del agua (EUA) aumentará. Sin embargo, a medida que las reacciones fotosintéticas se vuelvan más eficientes con la mayor disponibilidad de CO₂, la foto-respiración puede inhibirse. La foto-respiración es necesaria para convertir el nitrógeno-NO₃ en nitrógeno orgánico (aminoácidos); este último es necesario para la síntesis de proteínas (Bloom, 2009). Los beneficios potenciales del aumento de los niveles de CO₂ pueden requerir ajustes en la nutrición del nogal para poder obtener totalmente los beneficios de una mayor fotosíntesis y mayor eficiencia en el uso del agua. Esto probablemente podría significar hacer ajustes al programa de fertilización nitrogenada y a la nutrición foliar si la absorción y transporte de la raíz es una limitante.

Calentamiento climático

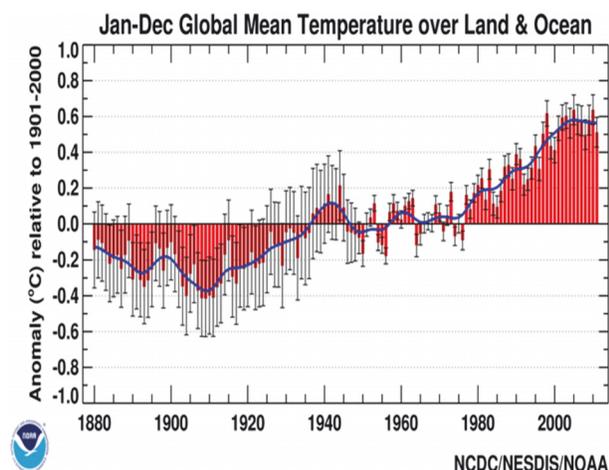
Sin duda que la temperatura global se ha calentado en los últimos 35 años. Desde 1980, se han registrado 19 de los 30 años más calientes (Cuadro 1). En varios de esos años, se registró un número récord de días en los cuales la temperatura sobrepasó los 38 °C. El calentamiento en los últimos 30 años fue precedido por casi 30 años sin ninguna anomalía en la temperatura. Sin embargo, antes de esto

se registraron cerca de 50 años de temperaturas frescas (Figura 1). Desde 1970, la temperatura media global ha aumentado aproximadamente 0.6 °C (NOAA, 2013). El mayor incremento se ha presentado en las latitudes del norte, pero la temperatura promedio en la Región del Oeste se ha incrementado alrededor de 1.0 °C.

Cuadro 1. Eventos climáticos significativos en la región de El Paso, Texas.

Década	30 años más calientes	Temperaturas Extremas (Altas)	Temperaturas Extremas (Bajas)	Otros Eventos
2000 - 2012	11 de 13	48 días >38 °C (2011)	2011: helada severa -14 °C (Feb.)	2008: Inundación del Río Conchos 2006: Inundación del Río Grande
1990 - 1999	5 de 10	62 días >38 °C (1994)	--	--
1980 - 1989	3 de 10	55 días >38 °C (1980)	1983: helada severa (Dic.)	
1970 - 1979	0 de 10	--	1976: helada severa (Nov.)	--

Figura 1. Anomalía de temperatura (desviación de la temperatura promedio a largo plazo) de 1880 a 2010 (NOAA, 2013).



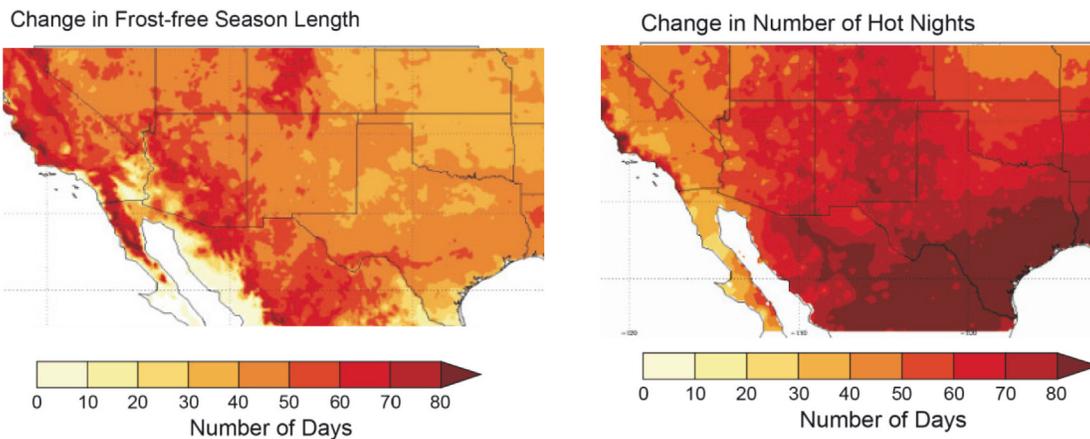
Un aumento de 1.0 °C en la temperatura promedio parece no ser relevante, hasta que se ve en referencia al alargamiento de las temporadas de crecimiento y al aumento en el número de noches calientes (Figura 2). La temporada de crecimiento podría aumentar de 40 a 50 días en la Región del Oeste, pero el número de noches calientes podría aumentar hasta 80 días según el National Assessment

Synthesis Team (N.A.S.T. 2000 a, b, c). Lo anterior podría presentar temas conflictivos para los productores de nuez. Es poco probable que resulte en una brotación más temprana, porque esto es controlado por el fotoperiodo, la acumulación de horas frío y la acumulación de calor. Sin embargo, una temporada de crecimiento más larga significaría una caída de hojas más tardía por causa de temperaturas de congelación, con un aumento significativo en la acumulación de fotosintatos. Esto podría reducir la producción bienal al reducir el estrés de la producción de nuez. Sin embargo, una temporada más larga también podría aumentar la viviparidad (germinación de la nuez) en la huerta.

Los beneficios de una temporada de crecimiento más larga podrían ser neutralizados por un aumento en las temperaturas promedio de las noches (Figura 2b). Las noches cálidas aumentarían la respiración en oscuridad, reduciendo así la fotosíntesis neta necesaria para el crecimiento y llenado de la nuez. Lombardini *et al.* (2009) encontraron que la respiración en oscuridad de las hojas del nogal expuestas al sol era aproximadamente el 10% de máxima fotosíntesis, y hasta 38% para las hojas en sombra. A medida que las hojas empezaron a envejecer en el otoño, la respiración en oscuridad consumió de 25% a 50% para hojas de sol y sombra, respectivamente. Además, las noches más cálidas podrían aumentar la evaporación del suelo, aumentando así los requerimientos de agua.

Junto con las noches más cálidas habría una disminución simultánea en la acumulación de horas frío. La investigación sobre las necesidades de requerimiento de frío en nogales para que éstos rompan su descanso incluyen: 500 a 600 horas frío (McEachern *et al.*, 1978) y 300 a 400 horas frío (Amling y Amling, 1980) para una brotación uniforme, pero requieren al menos de 400 horas para una brotación rápida (Sparks, 1993). Un clima cálido puede limitar la acumulación de horas frío en las zonas más cálidas de la Región del Oeste y Noroeste de México. Baldocchi y Wong (2008) proyectaron una disminución del 50% en la acumulación de horas frío para el año 2100. Las

Figura 2. Aumento en la temporada de crecimiento libre de heladas y número de noches calientes proyectadas en escenarios de cambio climático global (<http://ncadac.globalchange.gov/download/NCAJan11-2013-publicreviewdraft-appendix2-climateprimer.pdf>).

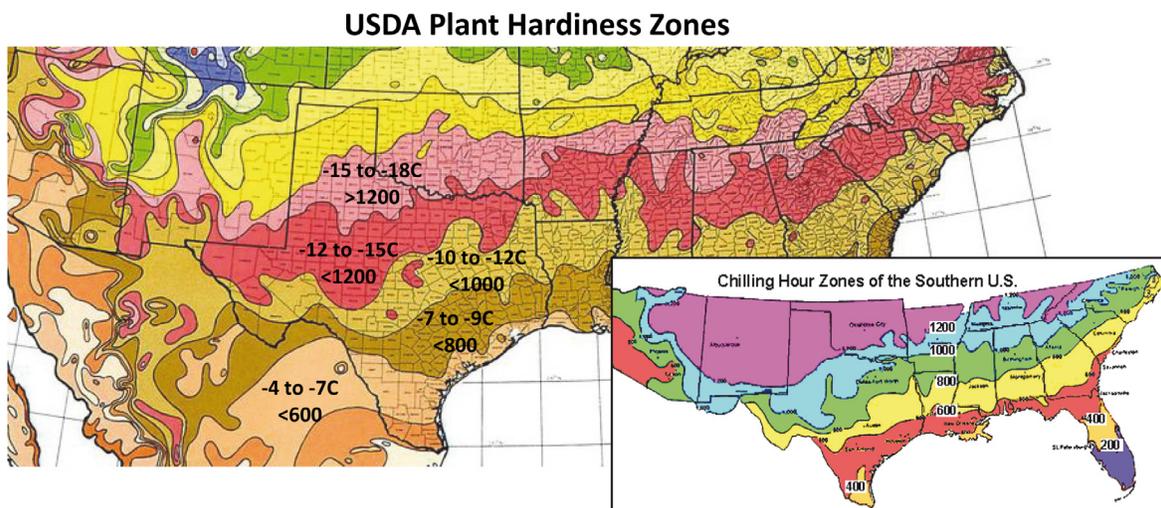


horas frío en el Valle Central de California podrían disminuir de las 1,200 horas actuales a menos de 250 horas para el año 2090. Las horas frío se correlacionan moderadamente con las Zonas de Resistencia de Plantas (Figura 3). Así, la Región del Oeste incluye zonas que reciben al menos 400 a más de 1,200 horas frío. Sin embargo, el N. A. S. T. (2000b) proyecta un cambio de una zona de resistencia completa en los próximos 30 años. Si esto ocurre, algunas regiones pueden no recibir suficiente frío para una brotación rápida y completa. Esto podría reducir la producción de flores y el amarre de nueces.

Incremento de la Sequía

Las proyecciones de precipitación varían según la ubicación, pero se prevé que la Región del Oeste sufra una reducción de 5% a 25% en el escurrimiento de nieve y lluvia (NMOSE, 2006; O'Neill y Dobrowolski, 2011). El escurrimiento de los ríos no sólo se utiliza para el riego, la filtración hacia las aguas subterráneas ayuda a recargar el acuífero que también se utiliza para el riego. Además, el bombeo de agua subterránea es más caro que el agua de río.

Figura 3. Correlación de las Zonas de Resistencia de las Plantas con las zonas de horas frío en la Región del Oeste (<http://generalhorticulture.tamu.edu/lectsupl/temp/temp.html>). Los números representan las horas-frío acumuladas y la temperatura mínima promedio (°C).



Menos agua, o más costosa, es especialmente problemático para aquellos productores de nuez en la Región del Oeste que dependen únicamente del riego. Los nogales en el sur de Nuevo México requieren alrededor de 1,447 mm de riego para la producción bajo condiciones no estresantes (Figura 4). Además, a medida que las temperaturas se calientan, la evapotranspiración (ET) aumenta por lo menos 2% (y hasta 8%) por cada incremento de 1 °C en la temperatura promedio. Teóricamente, mayores niveles de CO₂ aumentan la eficiencia de uso del agua, lo cual puede neutralizar el aumento de la demanda evaporativa. Sin embargo, esto no ha

sido debidamente verificado en estudios de campo (Prior *et al.*, 2011). Si no se alcanza un aumento de 2% en ET, el déficit de riego podría reducir el rendimiento. Una reducción de 2% en ET podría resultar en una pérdida de hasta 80 kg de nuez/ha (Samani *et al.*, 2007). En el futuro, la investigación debería centrarse sobre el control del déficit de riego (Shackel, 2011) lo cual permitiría un estrés hídrico leve sin reducir el rendimiento.

Variabilidad del clima

Las temperaturas cálidas y el aumento de la sequía no son los únicos temas que enfrentan los productores de nuez en la Región del Oeste.

Figura 4. Evapotranspiración (ET) de nogales adultos en el sur de Nuevo México (Samani *et al.*, 2007; Sammis *et al.*, 2004).

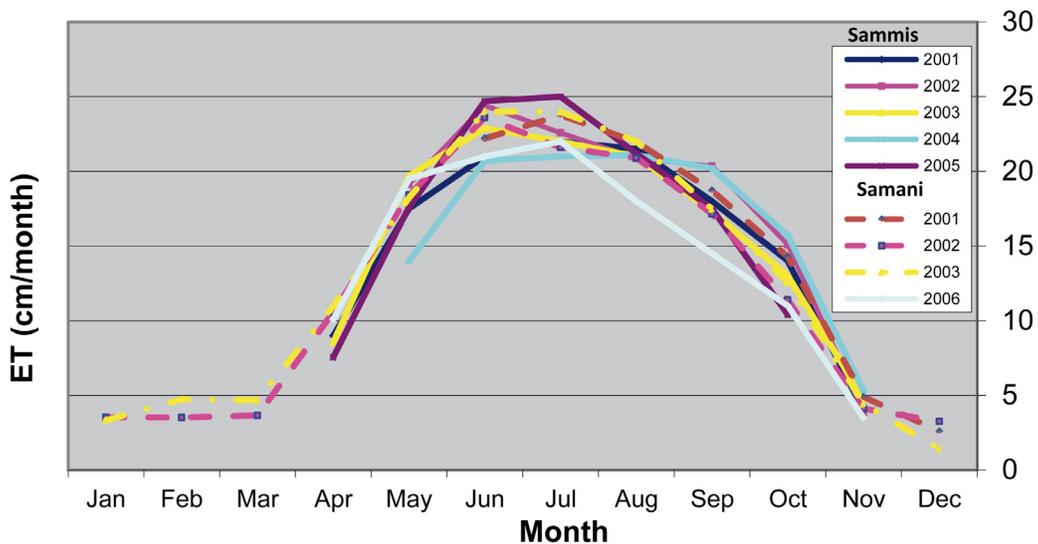
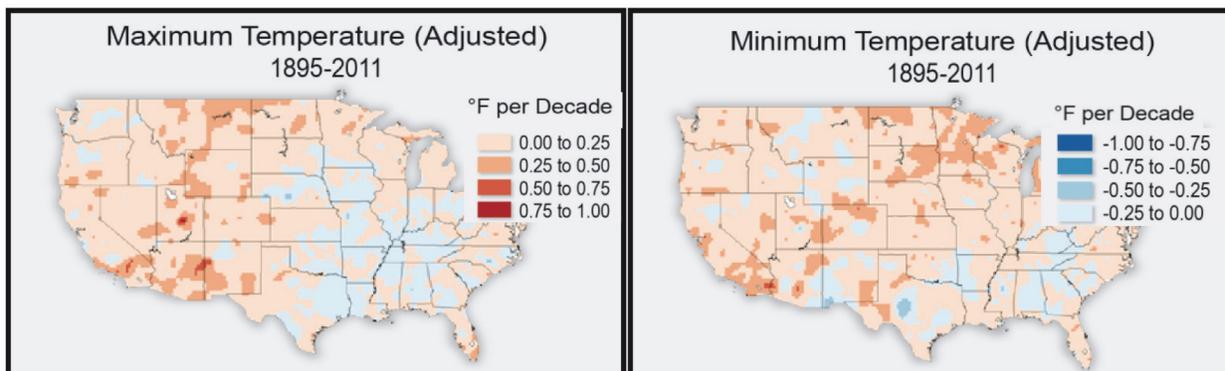


Figura 5. Tendencias en temperaturas máximas y mínimas. <http://ncadac.globalchange.gov/download/NCAJan11-2013-publicreview-draft-appendix2-climateprimer.pdf>



Con toda probabilidad también habrá una mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos (Tabla 1). Esto se infiere por el aumento en la temperatura máxima promedio, así como una disminución en la temperatura mínima promedio en zonas de la Región del Oeste (Figura 5). Algunos resultados de estos cambios son posibles:

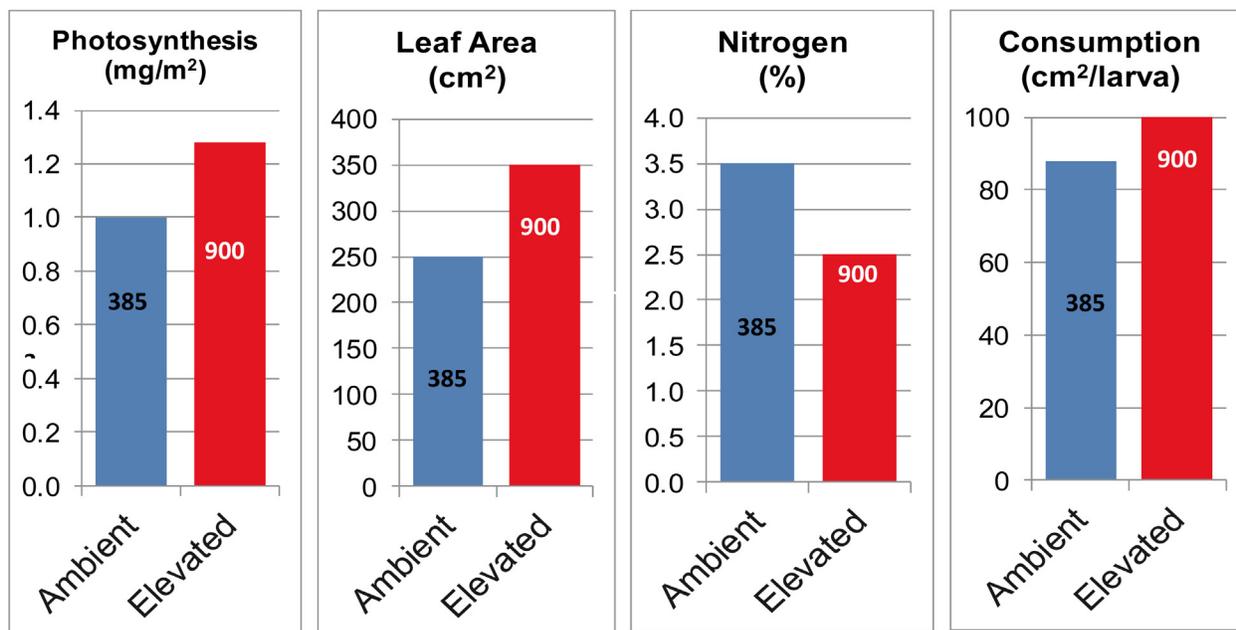
1. Heladas severas imprevistas tal como ocurrió en noviembre de 1976 y diciembre de 1983 que dañaron árboles frutales y de nuez.

2. En el verano, mayor ocurrencia del daño en el lado suroeste del árbol o quemadura por sol.

4. Aumento de daño por granizo, provocado por tormentas repentinas.

El riego de invierno es imprescindible para evitar daños por congelamiento en la raíz de los nogales. Existen otras opciones de manejo que minimizan el daño, tales como la protección de los troncos con pintura o envolturas protectoras, máquinas de viento, o mallas de sombra protectoras, pero generalmente no se usan en huertas adultas. Sin embargo, se deben considerar como opciones en el futuro.

Figura 6. Respuesta del frijol lima al ambiente (385 ppm) y a la elevación de los niveles de CO₂ (900 ppm), y la respuesta de alimentación del gusano falso medidor (Trumble y Butler, 2009).



3. En el otoño, pérdida de resistencia de la planta durante un evento de calentamiento, seguido por temperaturas de congelación o temperatura letal; ocasionando considerables daños al árbol, lo cual se manifiesta en la siguiente temporada. Esto también puede ocurrir al final del invierno (principios del año), lo cual podría resultar en brotes terminales dañados, afectando el desarrollo de la flor en la primavera.

Manejo de Plagas

Temporadas de crecimiento más largas, temperaturas más moderadas, especialmente durante el invierno, y mayor estrés ambiental crean condiciones óptimas para el aumento de problemas por plagas. El aumento de los niveles de CO₂ podría acrecentar aún más la depredación por insectos al incrementar la biomasa vegetal y carbohidratos a expensas del

contenido de nitrógeno. Esto podría ocurrir debido al aumento de la eficiencia del aparato fotosintético, pero podría verse obstaculizado también por la interferencia de la conversión de nitrógeno-NO₃ en nitrógeno orgánico (Bloom, 2009). Trumble y Butler (2009) examinaron la respuesta del frijol a la elevación de CO₂ (Figura 6). Como se esperaba, se incrementó la fotosíntesis y el área foliar (crecimiento de biomasa). Sin embargo, el contenido de nitrógeno de las hojas disminuyó, dando por resultado una mayor alimentación del gusano falso medidor del repollo (*Trichoplusia ni*). Así, el aumento en los niveles de CO₂, que tenía el beneficio de promover el crecimiento, también dio como consecuencia la mala calidad del alimento; dando por resultado un mayor consumo por insectos.

El Futuro

Los nogales se adaptan al clima según la estación del año, todos los días, e incluso cada hora. Tienen una notable capacidad para ajustarse fisiológicamente a las variaciones de temperatura, humedad, luz del sol y viento. De hecho, esta adaptabilidad está codificada genéticamente. Las plantas poseen genes inactivos que pueden activarse (regularse) en respuesta al estrés hídrico (Bassett *et al.*, 2011). Además, su progenie (semillas) puede tener diferentes conjuntos de genes regulados o desregulados (desactivados) mientras que la semilla se está desarrollando en la fruta (Johnsen *et al.*, 2005). Esta adaptabilidad es un buen augurio para la supervivencia de los nogales como especie en el largo plazo. También es beneficiosa para la industria. Los productores de nuez deben ser tan adaptables como los árboles en la búsqueda de nuevas estrategias de manejo; incluyendo si es necesario a nuevas variedades, la calendarización del riego y el manejo del cultivo (Haller, 2011) si la industria de la nuez debe adaptarse al cambio climático.

Referencias

- AMLING, H.J. and K.A. Amling. 1980. Onset, intensity, and dissipation of rest in several pecan cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:536-540.
- ANON. 2013. Carbon dioxide at Mauna Loa Observatory reaches new milestone: Tops 400 ppm. Scripps News May 10, 2103. <http://scrippsnews.ucsd.edu/Releases/?releaseID=1358> (retrieved Feb. 5, 2014).
- BASSETT, C.L., D.M. Glenn, P.L. Forsline, M.E. Wisniewski, and R.E. Farrell Jr. 2011. Characterizing water use efficiency and water deficit responses in apple (*Malus × domestica* Borkh. and *Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem. *HortScience* 46:1079-1084.
- BALDOCCHI, D. and S. Wong. 2008. Accumulated winter chill is decreasing in the fruit growing regions of California. *Climate Change* 87:153-166.
- BLOOM, A.J. 2009. As carbon dioxide rises, food quality will decline without careful nitrogen management. *California Agric.* 63:67-72.
- HALLER, R. 2011. Grower attributes orchard decline to climate changes. *Pecan South* 44(6):26-27.
- JOHNSEN, Ø., O.G. D'hlen, G. Østreg, and T. Scrøppa. 2005. Daylength and temperature during seed production interactively affect adaptive performance of *Picea abies* progenies. *New Phytologist* 168:589-596.
- LOMBARDINI, L., H. Restrepo-Díaz, and A. Volder. 2009. Photosynthetic light response and epidermal characteristics of sun and shade pecan leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 134:372-378.
- McEACHERN, G.R., B.N. Wolstenholme, and J.B. Storey. 1978. Chilling requirements of three pecan cultivars. *HortScience*. 13:694.
- NATIONAL ASSESSMENT SYNTHESIS TEAM (N.A.S.T.), US Global Change Research Program. 2000 a. Climate Change Impacts on the United States. The Potential Consequences of Climate Variability and Change. (<http://www.gcrio.org/NationalAssessment/overpdf/overview.html>) (retrieved June 1, 2013).
- NATIONAL ASSESSMENT SYNTHESIS TEAM (N.A.S.T.), US Global Change Research Program. 2000 b. Climate Change Impacts on the United States. The Potential Consequences of Climate Variability and Change. Appendix: The Science of Climate Change. <http://ncadac.globalchange.gov/download/NCAJan11-2013-publicreviewdraft-appendix2-climateprimer.pdf>. (retrieved June 1, 2013).
- NATIONAL ASSESSMENT SYNTHESIS TEAM (N.A.S.T.), US Global Change Research Program. 2000 c. Climate Change Impacts on the United States. The Potential Consequences of Climate Variability and Change. Agriculture (<http://ncadac.globalchange.gov/download/NCAJan11-2013-publicreviewdraft-chap6-agriculture.pdf>) (retrieved June 1, 2013).
- NMOSE. 2006. The impact of climate change on New Mexico's water supply and ability to manage water resources. New Mexico Office of the State Engineer and Interstate Stream Commission. (<http://www.nmdrought.state.nm.us/ClimateChangeImpact/completeREPORTfinal.pdf>), 69 p. (retrieved June 1, 2013).
- NMDA. 2010. 2010 New Mexico Agricultural Statistics. USDA National Agriculture Statistics Service in cooperation with New Mexico Department of Agriculture, 70 p.
- NOAA. 2013. Global surface temperature anomalies. National Oceanic and Atmospheric Administration National Climatic Data Center. <http://www.ncdc.noaa.gov/cmb-faq/anomalies.php>. (retrieved June 4, 2013).

- O'NEILL, M.P. and J.P. Dobrowolski. 2011. Water and agriculture in a changing climate. *HortScience* 46:155-157.
- PRIOR, S.A., G.B. Runion, S.C. Marble, H.H. Rogers, C.H. Gilliam, and H.A. Torbert. 2011. A Review of elevated atmospheric CO₂ effects on plant growth and water relations: Implications for horticulture. *HortScience* 46:158-162.
- SAGARPA. 2011. Comité Mexicano del sistema producto nuez, A.C. Cierre estadístico 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- SAMANI, Z., A.S. Bawazir, M.P. Bleiweiss, and R.K. Skaggs. 2007. Estimating pecan water use through remote sensing in the Lower Rio Grande (pp. 253–260). In Clemmens, A. J. and Anderson, S. S. (Eds.). Proceedings of the USCID Fourth International Conference on Irrigation and Drainage, Sacramento, California, October 3-6, 2007. Denver: U.S. Committee on Irrigation and Drainage.
- SAMMIS, T. W., J.G. Mexal, and D. Miller. 2004. Evapotranspiration of flood irrigated pecans. *Agric. Water Manage.* 69:179–190.
- SHACKEL, K. 2011. A plant-based approach to deficit irrigation in trees and vines. *HortScience* 46:173-177.
- SPARKS, D. 1993. Chilling and heating model for pecan budbreak. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:29-35.
- TRUMBLE, J.T. and C.D. Butler. 2009. Climate change will exacerbate California's insect pest problems. *California Agric.* 63:73-78.
- ZINATI, G.M. 2011. Water management and plant performance in a changing climate: Introduction to colloquium. *HortScience* 46:152-154. 

Este artículo es citado así:

Mexal, J. G., y E. Herrera. 2013: *Impactos potenciales del cambio climático en la producción de nuez en la Región del Noroeste de México y Suroeste de Estados Unidos*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 7(3): 163-170.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

JOHN G. MEXAL. He completed his Ph.D. in 1974, graduating from Colorado State University with a degree in tree physiology. He received his B.S. and M.S. degrees from the University of New Mexico. Following completion of his doctoral degree, he worked as a research scientist for Weyerhaeuser Co. in Arkansas. He joined the Horticulture Department of New Mexico State University in 1983 as Head of the Department. He was named Distinguished Achievement Professor in 2012, and Distinguished Achievement Professor Emeritus when he retired in 2014. His areas of expertise are tree physiology, reforestation, and nursery production. He has taught courses in plant science, arboriculture, nursery production and research methods. He has supervised 11 M.S. and 6 Ph.D. students and attracted over \$2 million in grants. He has published over 200 manuscripts, including 96 refereed journal articles.

ESTEBAN HERRERA AGUIRRE. He graduated in 1962 as an agronomist in the College of Agriculture "Hermanos Escobar" in Ciudad Juárez, Mexico. He completed his Master of Science from the State University of Las Cruces, New Mexico, and his Ph.D. at the North Carolina State University. From 1962 to 1970 he worked as an entomologist in several states of the Mexican Republic. He has given numerous lectures and courses on pecan in every state in the United States and Mexico where pecan is grown, and in Argentina, Australia, Egypt, Venezuela and South Africa. He is the author of 5 books to the Academy of Sciences of the State of New Mexico. He is the author of 40 articles published in scientific journals, 116 publications for Extension Service State University Las Cruces, 95 articles published in memory congress of conferences held in Mexico and the United States, and 185 papers published in international agricultural journals. He worked in 1978-2005 as a research professor at the State University Las Cruces, NM where he is currently Professor Emeritus. He currently teaches counseling in pecan orchards in Mexico and the United States, and assists in the annual conferences in pecan Jimenez and Delicias, Chihuahua, and Saltillo, Coahuila.