



Figura 1. *Trioza erytrae*, la psila africana vectora de HLB en cítricos, sobre una hoja de vid.

Impacto del cambio climático sobre los insectos vectores de patógenos de plantas

Dr. Alberto Fereres

Profesor de Investigación. Instituto de Investigación de Ciencias Agrarias (ICA) - CSIC. Madrid.
a.fereres@csic.es

El aumento de la temperatura en aproximadamente 2°C de media, el rápido aumento en la concentración de CO₂ y el aumento de la sequía y episodios de clima extremo puede tener consecuencias impredecibles sobre las plagas y enfermedades de los cultivos. Los hemípteros, vectores de aproximadamente el 70% de los patógenos de plantas transmitidos por insectos, son muy susceptibles a cambios de temperatura ya que generalmente tienen un ciclo biológico muy corto y requieren de una gran capacidad para dispersarse, reproducirse y adaptarse a nuevos hábitats. Desde 1960 se ha producido un desplazamiento de más de seiscientos plagas y enfermedades hacia los polos a una media de 2,7 km/año; en el caso de los hemípteros, ese desplazamiento ha resultado ser mucho mayor (13,7 km/año).

Los insectos vectores de patógenos de plantas se engloban en 7 de los 32 órdenes de insectos conocidos. Pero sin lugar a dudas, el grupo de los hemípteros engloba la mayoría de los insectos vectores de patógenos de plantas, ya que transmiten aproximadamente el 80% de todos los virus transmitidos por insectos (Fereres y Raccach, 2015). Los hemípteros son muy sensibles a cambios de temperatura ya que generalmente tienen un ciclo de vida muy corto y suelen ser r-estrategias -una gran capacidad para dispersarse, alta capacidad reproductiva y muy bien adaptados para explotar nuevos hábitats-. Sin duda, los principales grupos de insectos vectores de virus tales como los pulgones, moscas blancas, cicadélidos y trips son muy sensibles a cambios de temperatura, viento y precipitación (Hulle y col., 2010). Pero no solo los hemípteros transmiten muchos virus de plantas sino que también transmiten bacterias y fitoplasmas que causan enfermedades emergentes que han dado mucho que hablar en los últimos años. Este es el caso de *Liberibacter asiaticus*, que causa el 'greening' o Huanglongbing (HLB) transmitido por psilas (Figura 1), o las enfermedades causadas por *Xylella fastidiosa*, transmitida por otro tipo de hemípteros, las cigarrillas (Auchenorrhyncha: Cicadomorpha) (Figura 2). Un incremento en la temperatura media invernal incrementa la tasa de crecimiento poblacional de muchos de estos insectos, expandiendo sus poblaciones a nuevas áreas y adelantando sus vuelos migratorios en primavera. Las previsiones indican que ante el nuevo escenario de cambio climático, los vuelos primaverales de pulgones se adelantaran una media de ocho días en los próximos cincuenta años (Harrington y col., 2007). Todo ello irá previsiblemente acompañado de una mayor incidencia de virus transmitidos por pulgones, como es el caso de los potyvirus y los luteovirus, muchos de ellos causantes de enfermedades graves en varios cultivos como el tomate, el melón, la patata y los cereales.

Por tanto, el incremento previsible de las temperaturas invernales en los próximos años modificará el ciclo biológico y comportamiento de estos insectos, así como su capacidad para expandirse a otras regiones geográficas. De hecho, un estudio



Figura 2. *Neophilaenus campestris*, insecto vector de *Xylella fastidiosa* en olivo, sobre una hoja de Bromelia.

reciente demuestra que desde 1960 se ha producido un desplazamiento de más de 600 plagas y enfermedades hacia los polos a una media de 2,7 km/año. Pero en el caso de los hemípteros, ese desplazamiento ha resultado ser mucho mayor (13,7 km/año) (Bebber y col., 2013). El aumento de 2°C de temperatura también desplazaría la mosca blanca *Bemisia tabaci* hacia mayores latitudes, afectando especialmente a países de

clima mediterráneo (Giloli y col., 2014) (Figura 1). Sin embargo, el calentamiento del planeta no siempre va acompañado de una expansión de los insectos hacia latitudes mayores, sino simplemente una reducción en la distribución geográfica en la que algunos insectos beneficiosos pueden ejercer su acción. Este es el caso de los abejorros, que han encogido su distribución geográfica habiendo desaparecido en regiones cálidas sin

sufrir una expansión paralela hacia latitudes mayores (Kerr y col., 2015) (Figura 2).

Existen varios ejemplos que demuestran que la emergencia de nuevos patógenos de plantas está asociada a la introducción y expansión de un insecto vector en una nueva zona geográfica (Ferreris, 2015). Este es el caso de la mosca blanca *Bemisia tabaci*, que se expandió por el sudeste español al final de la década de 1980 produciendo la emergencia de nuevas virosis que causaron graves pérdidas en cultivos hortícolas tales como el virus del rizado del tomate (TYLCV) (CYSDV) (Moriones y Navas-Castillo, 2000) y el del amarilleo de las cucurbitáceas (Marco y Aranda 2005). Pero no solo un incremento de temperatura o la sequía puede afectar directamente a los vectores sino también puede inducir ciertos cambios fisiológicos en las plantas. Por ejemplo, el estrés hídrico puede incidir en el comportamiento y ciclo biológico de insectos vectores pero también en el nivel de daño sobre las cosechas. Se sabe que existe un efecto sinérgico cuando se incrementa el estrés hídrico bajo una densidad constante de pulgones de cereales, lo que lleva a una reducción drástica en el rendimiento e índice de cosecha del trigo, sin afectar a la tasa de crecimiento poblacional del pulgón (Ferreris y col., 1988).

También es bien conocido que insectos vectores como los pulgones responden de diferente manera a cambios en la concentración de CO₂. En una revisión muy reciente se analiza el efecto del cambio climático sobre insectos vectores y las enfermedades que transmiten (Trebicki y col., 2017). En general, los efectos debido a concentraciones elevadas de CO₂ son indirectos por cambios que se producen en la bioquímica de las plantas, afectando de forma negativa a muchos insectos, aunque en ocasiones también se produce un efecto positivo. Actualmente se conocen respuestas muy específicas y de distinto signo en pulgones: un efecto positivo en el crecimiento de *Amphorophora idaei* o de *Aphis gossypii*, neutro en *Aphis nerii*, *Aphis oenotherae* y *Aulacorthum solani*, y negativo en *Acyrtosiphon pisum*, *Brevicoryne brassicae* y *Rhopalosiphum padi* (Hughes y

/ La emergencia de nuevos patógenos está asociada a la introducción y expansión de un insecto vector en una nueva zona geográfica /

Bazzaz, 2001; Gao y col., 2008; Martin y Johnson, 2011; Klaiber y col., 2013, Trebicki y col., 2016). En un estudio reciente se ha visto que el efecto negativo de concentraciones elevadas de CO₂ (eCO₂) sobre el desarrollo y fecundidad de *Myzus persicae* se debe a la reducción de la concentración de aminoácidos libres en las plantas crecidas bajo eCO₂ (Dader y col., 2016). En el caso de *Bemisia tabaci* parece que el eCO₂ no produce un efecto negativo sobre su desarrollo, pero sí existe un efecto negativo en el crecimiento poblacional de la mosca blanca, *Trialeurodes vaporariorum*. Dicho conocimiento sobre la respuesta de insectos a cambios en la concentración de CO₂ tiene la doble finalidad de conocer cuál sería la evolución de las poblaciones de vectores ante un nuevo escenario de cambio climático (Jones y Barbetti, 2012) y también para poder disponer de información que permita interferir con insectos vectores, manipulando la concentración de CO₂ en ambientes protegidos (Lavola y col., 1998; Himanen y col., 2008; Guo y col., 2014).

El aumento de las temperaturas invernales también puede ocasionar un aumento de las epidemias debido a una mayor supervivencia de las formas invernantes de los vectores. Se prevé que podrían producirse cinco generaciones/año adicionales de pulgones y que además sus vuelos primaverales se adelantarían en ocho días de media en el caso de que la temperatura se incremente 2°C. Por el contrario, veranos más secos y cá-

lidos producirían una reducción de la supervivencia estival de vectores, especialmente en el caso de los pulgones que son muy sensibles a temperaturas altas.

Existen cuatro revisiones recientes donde se recopilan diversos estudios sobre la respuesta de virus de plantas y de sus insectos vectores a los posibles nuevos escenarios de cambio climático (Canto y col., 2009; Jones y Barbetti 2012; Jones, 2016, Trebicki y col., 2017). En ellas se concluye que el cambio climático inducirá cambios en la morfología y fisiología de los cultivos que tendrá implicaciones en la durabilidad y nivel de resistencia genética frente a vectores de virus. También se destaca que previsiblemente aparecerán mayores epidemias de enfermedades virales en altas y bajas latitudes debido a la expansión de vectores a dichas regiones, mientras que el efecto será el opuesto en regiones secas con latitudes medias. Aparecerán con mayor frecuencia virosis emergentes transmitidas por vectores que se expandirán a nuevas áreas y resultará más difícil aplicar medidas de control debido a las dificultades para predecir la respuesta de los vectores y virosis frente a los nuevos escenarios de cambio climático. Estas conclusiones serían también extensibles a enfermedades de origen bacteriano transmitidas por hemípteros (eg enfermedades causadas por *Liberibacter* spp. o *Xylella fastidiosa*). Las futuras líneas de investigación deberían focalizarse en el estudio de varios factores simultáneamente -tanto bióticos como abióticos- que modulan tanto la respuesta de los vectores como sus daños y pérdidas de cosecha en los cultivos. También se deberían abordar estudios para conocer cómo la temperatura y otros factores ambientales afectan a la eficiencia de transmisión de virus y bacterias y a su multiplicación en las plantas. Muchos de estos estudios deberían ir encaminados no solo a investigar los efectos de variables ambientales en los insectos y patógenos asociados en condiciones de campo, sino también a conocer cuáles su repercusión sobre el rendimiento y calidad de las cosechas.

Bibliografía

- ! **Bebber, D.P.; Ramotowski, M.A.T.; Gurr, S.J.** 2013. Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. *Nature Clim. Change* 3, 985-988.
- Canto, T. Aranda, M., Fereres, A.** 2009. Climate change effects on physiology and population processes of hosts and vectors that influence the spread of hemipteran-borne plant viruses. *Global Change Biology* 15(8): 1884-1894.
- Dáder, B.; Fereres, A.; Moreno, A.; Trebicki, P.** 2016. Elevated CO₂ impacts bell pepper growth with consequences to myzus persicae life history, feeding behaviour and virus transmission ability. *Scientific Reports* 6:19120
- Fereres, A.** 2015. Insect vectors as drivers of plant virus emergence. *Current Opinion in Virology*, 10, 42-46.
- Fereres, A., Gutierrez, C., Del Estal, P., Castañera, P.** 1988. Impact of the English grain aphid, *Sitobion avenae* (F.) (Homoptera: Aphididae), on the yield of wheat plants subjected to water deficits. *Environmental Entomology*, 17(3): 596-602.
- Fereres, A., Raccah, B.** 2015. Plant Virus Transmission by Insects. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. DOI: 10.1002/9780470015902.a0000760.pub3
- Gao, F., Zhu, S.R., Sun, Y.C., Du, L., Parajulee, M., Kang, L., Ge, F.** 2008. Interactive effects of elevated CO₂ and cotton cultivar on tri-trophic interaction of *Gossypium hirsutum*, *Aphis gossypii*, and *Propylaea japonica*. *Environmental Entomology*, 37: 29-37.
- Gilolli, G., Pasquali, S., Parisi, S., Winter, S.** 2014. Modelling the potential distribution of Bemisia tabaci in Europe in light of the climate change scenario. *Pest Management Science*, 70, 1611-1623.
- Guo, H., Sun, Y., Li, Y., Liu, X., Zhang, W., Ge, F.** 2014. Elevated CO₂ decreases the response of the ethylene signaling pathway in *Medicago truncatula* and increases the abundance of the pea aphid. *New Phytologist*, 201: 279-291. doi:10.1111/nph.12484
- Harrington, R., Clark, S.J., Welham, S.J., Verrier, P.J., Denholm, C.H., Hullé, M., Maurice, D., Rounsevell, M.D., Cocu, N., and European Union Examine C.** 2007. Environmental change and the phenology of European aphids. *Global Change Biology*, 13: 1550-1564.
- Himanen, S.J., Nissinen, A., Dong, W.-X., Nerg, A.-M., Stewart, C.N., Poppy, G.M., Holopainen, J.K.** 2008. Interactions of elevated carbon dioxide and temperature with aphid feeding on transgenic oilseed rape: Are *Bacillus thuringiensis* (Bt) plants more susceptible to nontarget herbivores in future climate?. *Global Change Biology*, 14: 1437-1454.
- Hughes, L., Bazzaz, F.A.** 2001. Effects of elevated CO₂ on five plant-aphid interactions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 99, 87-96.
- Hulle, M., Coeur d'Acier, A., Bankhead-Dronnet, S., Harrington, R.** 2010. Aphids in the face of global changes. *Comptes Rendus Biologies* 333: 497-503.
- Jones, R.A.C.** 2016. Future scenarios for plant virus pathogens as climate change progresses. *Advances in Virus Research* 95, 87-147.
- Jones, R.A.C., Barbetti, M.J.** 2012. Influence of climate change on plant disease infections and epidemics caused by viruses and bacteria. *CAB Reviews* 7, No. 022. doi: 10.1079/PAVSNNR20127022.
- Klaiber, J., Najar-Rodriguez, A.J., Piskorski, R., Dorn, S.** 2013. Plant acclimation to elevated CO₂ affects important plant functional traits, and concomitantly reduces plant colonization rates by an herbivorous insect. *Planta* 237: 29-42.
- Kerr, J.T.; Pindar, A.; Galpern, P.; Packer, L.; Potts, S.G.; Roberts, S.M.; Rasmont, P.; Schweiger, O.; Colla, S.R.; Richardson, L.L., y col.** 2015. Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science* 349: 177-180.
- Lavola, A., Julkunen-Tiitto, R., Roininen, H., Aphalo, P.** 1998. Host-plant preference of an insect herbivore mediated by UV-B and CO₂ in relation to plant secondary metabolites. *Biochemical Systematics and Ecology* 26: 1-12.
- Marco, C.F., Aranda, M.A.** 2005. Genetic diversity of a natural population of Cucurbit yellow stunting disorder virus. *Journal of General Virology* 86: 815-822.
- Martin, P., Johnson, S.** Evidence that elevated CO₂ reduces resistance to the european large raspberry aphid in some raspberry cultivars. *Journal of Applied Entomology* 2011, 135, 237-240.
- Moriones, E., Navas-Castillo, J.** 2000. Tomato yellow leaf curl virus, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. *Virus Research* 71: 123-134.
- Trebicki, P.; Vandegeer, R.K.; Bosque-Pérez, N.A.; Powell, K.S.; Dader, B.; Freeman, A.J.; Yen, A.L.; Fitzgerald, G.J.; Luck, J.E.** 2016. Virus infection mediates the effects of elevated CO₂ on plants and vectors. *Scientific Reports*, 6 : 22785.
- Trebicki P, Dáder B, Vassiliadis S & Fereres A** (2017) Insect-plant-pathogen interactions as shaped by future climate: effects on biology, distribution, and implications for agriculture. *Insect Science* 24: 975-986.