



Líneas seleccionadas de *Orius laevigatus* por su tamaño.

Preparando el biocontrol para el cambio climático: selección de razas mejor adaptadas

Pablo Bielza

Departamento de
Producción Vegetal.
Universidad Politécnica
de Cartagena.

El cambio climático global tendrá un impacto significativo en la mayoría de los agrosistemas. La variación de la temperatura y el régimen de precipitaciones podrán afectar de manera diferente a los distintos componentes del agrosistema y las interacciones tritróficas. Así, los equilibrios presa-depredador y planta-plaga podrán ser rotos debido a un efecto diferencial del cambio climático en las distintas especies. En comparación con las plagas, los enemigos naturales pueden no tener la misma capacidad evolutiva de adaptación a las condiciones cambiantes, provocando un desequilibrio y una mayor incidencia de las plagas. Por tanto es crucial preparar el control biológico para este escenario. Al igual que se está haciendo con la selección de variedades vegetales mejor adaptadas al cambio climático, es posible preparar el control biológico mediante la mejora genética de los enemigos naturales.

Retos del control biológico

La Gestión Integrada de Plagas (GIP, o IPM en sus siglas en inglés), obligatoria en la Unión Europea desde enero de 2014, se orienta claramente a la obtención de cultivos sanos con bajo impacto en los agroecosistemas y en el impulso de los métodos biológicos de control de plagas. La GIP basada en los agentes de control biológico (ACB) se ha impuesto definitivamente en muchos cultivos, especialmente en los cultivos hortícolas producidos bajo invernadero (Calvo

y col. 2012, Bielza 2014). El control biológico aumentativo ha demostrado ser un método de control de plagas eficiente y robusto, y la prueba evidente es el aumento de superficie de cultivos de invernaderos que utilizan preferentemente control biológico (van der Blom, 2017). Como ejemplo de éxito podemos señalar el reemplazo virtualmente completo de plaguicidas químicos por depredadores (ácaros y hemípteros) para controlar trips y moscas blancas en el cultivo de pimiento en invernade-

ros en España (Calvo y col. 2012, van der Blom, 2017). El control biológico con agentes de control biológico de invertebrados es, independientemente de sus beneficios medioambientales, muy eficiente técnicamente y debe ser uno de los pilares del control de plagas en la agricultura moderna. Sin embargo, como cualquier otro sistema, no está exento de ser mejorable, ya que el elevado nivel tecnológico que hoy demanda una agricultura competitiva requiere una innovación constante.

Hoy en día, la industria del control biológico está bien organizada, ha desarrollado metodologías eficientes de cría masiva, así como tecnología y logística para el transporte y envío de los ACB, con un robusto sistema de control de calidad. Igualmente existe un cuerpo importante de expertos en la industria, la investigación y la extensión para guiar a los agricultores y formar a técnicos en el control biológico. También se han desarrollado diversos métodos de liberación de los enemigos naturales en los cultivos, ajustado a distintas especies y situaciones.

Sin embargo, existen serias limitaciones en la adaptación del control biológico en algunos cultivos, áreas y/o periodos del año. Hay limitaciones para el establecimiento y éxito de los protocolos de control biológico por condiciones ambientales (temperaturas bajas o altas, baja humedad), adaptación a cultivos (tomate, pepino), compatibilidad con fitosanitarios, falta de presencia continua de presa, etc. Para superar estas limitaciones se ha recurrido tradicionalmente a la búsqueda de nuevas especies de enemigos naturales, en muchos casos exóticos importados desde otros países. No siempre es posible seleccionar especies de enemigos naturales que se adapten mejor, o incluso la importación de especies exóticas puede acarrear otros problemas. De hecho el número de nuevas especies de ACB disponibles ha disminuido en las últimas décadas (van Lenteren 2012). Una de las razones es una regulación más estricta para la importación de enemigos naturales exóticos (Convention on Biological Diversity www.cbd.int) y para el registro de los agentes de control biológico (van Lenteren 2012).

Además de estas limitaciones actuales, la agricultura y el control biológico se enfrentan a nuevos retos, como el calentamiento global. El cambio climático global tendrá un impacto significativo en la mayoría de los agrosistemas. La variación de la temperatura y el régimen de precipitaciones podrán afectar en diferente grado a los distintos componentes del agrosistema y de esta manera impactar de manera significativa en las interacciones tritróficas planta-plaga-enemigo natural. Así,

las interrelaciones presa-depredador y planta-plaga podrán desequilibrarse debido a un efecto diferencial del cambio climático sobre las distintas especies. El efecto medioambiental del cambio climático tendrá un impacto muy relevante en la distribución, fenología y eficacia de los enemigos naturales, por lo que el control biológico debe prepararse para afrontar este descomunal reto.

Cambio climático y enemigos naturales

El cambio climático llevará asociado un incremento de las temperaturas medias, así como una variación del régimen de precipitaciones. Los insectos y ácaros pueden ser especialmente sensibles a las fluctuaciones climáticas, porque al ser ectotermos de pequeño tamaño, sus características fisiológicas y ciclos de vida se ven muy afectados por la variación en la temperatura y la humedad. Además, la temperatura es probablemente el factor ambiental más importante que influye en el comportamiento, distribución, desarrollo, supervivencia y reproducción de un insecto o ácaro. Así el cambio climático tendrá un impacto definitivo en las especies de insectos y ácaros presentes en los cultivos.

Los cambios en la distribución de las especies provocarán variaciones en las zonas de distribución de las plagas y los enemigos naturales. Por la naturaleza invasiva y alta capacidad de adaptación de muchas especies es probable que las plagas se ajusten más rápidamente a estos cambios, aumentando su área de distribución con facilidad. En cambio, se espera que los enemigos naturales muestren una menor capacidad evolutiva (Roderick y col. 2012). Condiciones ambientales cambiantes pueden ampliar el área de distribución de una plaga, por lo que es de esperar una mayor frecuencia de plagas invasivas por efecto del cambio climático (Roderick y col. 2012, Aguilar-Fenollosa y Jacas 2014). Como muestra, destacar que las introducciones de especies tropicales de ácaros en Europa se han incrementado un 50% en las últimas décadas (Navajas y col. 2010). Todo esto provocará desequilibrios repetidos de los sistemas de control biológico, ya que las plagas

invasivas son normalmente controladas por medios químicos al menos en las primeras fases, ya que el control biológico necesita más tiempo para su implementación (Bielza y col., 2015). Por tanto, contar con enemigos naturales más tolerantes a los plaguicidas será clave para la perpetuación de los programas de GIP basados en el control biológico.

El cambio climático es probable que tenga un mayor impacto en los enemigos naturales que en las plagas (Aguilar-Fenollosa y Jacas 2014). Así, en comparación con las plagas, los enemigos naturales autóctonos o exóticos pueden no tener la misma capacidad evolutiva de adaptación a las condiciones cambiantes (Roderick y col. 2012), provocando desequilibrios en las interacciones relevantes para el control biológico (Aguilar-Fenollosa y Jacas 2014). Así, puede que no podamos recurrir a sus enemigos naturales originales mediante el control biológico clásico, y se tengan que adaptar enemigos naturales autóctonos. Se ha descrito recientemente la mejor adaptación a un incremento de las temperaturas del parasitoide autóctono *Aphytis chrysomphali* que del introducido *A. melinus*, controlando el piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Cebolella y col. 2018).

Los cambios en la fenología de las especies provocarán desequilibrios en la sincronización de la emergencia de los enemigos naturales con los ciclos de las plagas. Esto puede ser especialmente grave en los parasitoides, que requieren una sincronización óptima con su hospedador, para encontrarlo en el estado de desarrollo adecuado. Además, el cambio climático también se refiere al incremento en la frecuencia de temperaturas extremas y eventos raros, como las olas de calor (Easterling y col. 2000). Por tanto, la tolerancia a episodios de altas temperaturas o bajas humedades será crucial para el establecimiento y supervivencia de los enemigos naturales.

Todos estos desajustes podrían llevar al fracaso de parte del sistema y afectar seriamente al control biológico (Aguilar-Fenollosa y Jacas 2014). La mejora genética de estos enemigos naturales puede tener un papel determinante en esta adaptación,

optimizando el desempeño de especies autóctonas como agentes de control biológico para nuevas plagas y nuevas condiciones ambientales. La selección de mejores razas de enemigos naturales puede dar respuesta a los retos planteados al control biológico.

Mejora genética de agentes de control biológico

En el desarrollo de los agentes de control biológico, se ha usado tradicionalmente la variación interespecífica para seleccionar las especies de enemigos naturales más efectivos. Sin embargo, otra fuente de variación es la intraespecífica, que apenas ha sido estudiada (Lommen y col. 2017). Esta variación puede ser aprovechada para optimizar la acción beneficiosa de los enemigos naturales, y para afrontar su adaptación a un escenario de cambio climático.

La variabilidad genética global de una especie está determinada por el conjunto de la variación entre las distintas poblaciones, y dentro de ellas de los distintos individuos (Lewis y col. 1990). Esta variabilidad global es lo que determina la capacidad de respuesta potencial de la especie a condiciones cambiantes. Así la respuesta puede variar sustancialmente entre individuos dentro de una población (Aguilar-Fenollosa y Jacas 2014). La plasticidad fenotípica marcará la respuesta resultante de la interacción entre cada ambiente y genotipo. En definitiva, la variabilidad genética de cada especie de enemigo natural define su capacidad de respuesta a los cambios de su entorno (Aguilar-Fenollosa y Jacas 2014). Esta variabilidad entre individuos y poblaciones dentro de una especie (variación intraespecífica) es la que se pretende explorar y explotar por medio de la mejora genética (Lommen y col. 2017).

Por tanto, para abordar un programa de mejora genética de un enemigo natural será necesario en primer lugar conocer la variabilidad genética de la especie en el carácter a mejorar. En el caso que nos ocupa, la adaptación al cambio climático, deberemos estudiar los diferentes requerimientos ambientales (temperatura y humedad) de distintas po-



Bioensayo fecundidad *Orius laevigatus*.

blaciones silvestres. De esta forma podremos averiguar si existe una variación natural de adaptación a distintos escenarios climáticos, y así seleccionar desde esa variabilidad.

Como hemos visto, la adaptación evolutiva de los enemigos naturales a los cambios en el clima no van a ser suficientemente rápidos. Esto es especialmente relevante en el biocontrol aumentativo, donde se sueltan enemigos naturales criados en biofábricas que no han sido sometidos a esa adaptación natural, mientras que las plagas presentes en los cultivos sí estarán sometidas a la presión selectiva del cambio climático y se adaptarán más rápidamente. Por ello hay que favorecer la adaptación de los ACB mediante programas de selección artificial.

Las poblaciones de enemigos naturales actualmente reproducidas en biofábricas y liberadas en campo para el control biológico aumentativo no difieren significativamente entre los distintos proveedores, ni de las poblaciones presentes en los entornos silvestres. Así, los caracteres biológicos y ecológicos de estas poblaciones de ACB no se desvían de los valores medios propios de la especie, seleccionados en la evolución para su rendimiento óptimo en las condiciones climáticas actuales. Sin embargo, las condiciones donde los ACB deberán ejercer su acción

beneficiosa en un escenario de cambio climático serán muy distintas a las actuales. Por ello, los caracteres óptimos para su rendimiento en los distintos agrosistemas pueden ser muy distintos a los resultantes de la actual selección natural, por lo que pueden ser mejorados mediante selección artificial aprovechando la variación intraespecífica (Bielza 2016).

De esta forma, una posibilidad real de respuesta a los retos planteados por el cambio climático es la selección de razas mejor adaptadas. Al igual que ha ocurrido en la evolución de la agricultura con las variedades de plantas y las razas de animales, la selección artificial de enemigos naturales con determinadas características puede contribuir de manera decisiva a disminuir el impacto del cambio climático en la acción beneficiosa de los enemigos naturales. La selección de líneas de ACB más adaptadas a los entornos agrícolas o a condiciones ambientales fuera de su rango medio de distribución natural, podría conseguir el éxito de especies de enemigos naturales que de otra forma no serían suficientemente eficaces.

Selección de razas de *Orius laevigatus*

Para establecer las bases para el desarrollo de la mejora genética de los agentes de control biológico, se ha

Relevant®



RELEVANT®

**ORO LÍQUIDO CONTRA TUS PLAGAS:
CONSUMIDOR SEGURO, CONTRATO SEGURO.**



- Carboxilatos naturales de *Olea europaea L.* para el control de hemípteros, tetraníquidos y trips en cultivos hortícolas.
- Insecticida de origen natural sin residuos.
- Efecto de choque y amplio espectro.
- Derivado del aceite de oliva.
- Compatible con Organismos de Control Biológico y polinizadores naturales.
- Válido para su uso en Agricultura Ecológica.

sipcamiberia.es


SIPCAM
IBERIA

escogido como especie modelo a *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae) para iniciar un programa de mejora genética y responder a las cuestiones que se plantean al afrontar cualquier programa de mejora. Entre ellas, se encuentran la elección de los caracteres susceptibles de mejora, el alcance de la variabilidad genética de esos caracteres, su estructura genética (loci, dominancia) y parámetros genéticos (heredabilidad, correlación entre caracteres).

Para estudiar las posibilidades de adaptación de *O. laevigatus* a los agrosistemas sometidos a un escenario de cambio climático decidimos empezar por estudiar el tamaño corporal, como un carácter determinante en la adaptación a factores ambientales cambiantes.

El tamaño corporal es uno de los más importantes caracteres desde el punto de vista ecológico. Tiene efectos pronunciados en la fisiología, longevidad, reproducción, competitividad y muchos otros componentes

del valor adaptativo y los procesos ecológicos relacionados (Kingsolver y Huey 2008). Por lo tanto, es importante entender cómo los factores ambientales producen cambios en el tamaño del cuerpo. La regla de Bergmann predice que los animales de latitudes y altitudes más altas deberían ser más grandes que aquellos de climas más cálidos (Atkinson 1994). De hecho esto ha sido comprobado en diversas especies de *Orius* (*O. albidipennis*, *O. laevigatus* y *O. niger*) en Israel, donde los especímenes recolectados en 2010 eran más pequeños comparados con los recolectados en la década de 1980 (Schuldiner-Harpaz y Coll 2013). Este menor tamaño fue correlacionado con un incremento en las temperaturas medias diarias en las últimas décadas.

De la misma manera que una variación de la temperatura produce un cambio adaptativo en el tamaño corporal, una variación en el tamaño corporal puede aumentar la capacidad adaptativa a una variación en la temperatura ambiental. Por ello

iniciamos un programa de mejora genética seleccionando líneas de *O. laevigatus* más grandes y otras más pequeñas. Comparadas con una población natural o comercial actual, la línea más grande debería estar más adaptada a temperaturas más bajas, y la línea más pequeña debería estar adaptada a temperaturas más altas.

Además estamos desarrollando otros programas de selección, como un mayor potencial biótico, una mejor tolerancia a los plaguicidas, una mejor adaptación a la alimentación sin presa, y una mejor tolerancia al frío.

En definitiva, nuestro programa de mejora genética mediante la selección de razas de enemigos naturales mejor adaptadas a diversos escenarios, en particular a las condiciones previsible por el cambio climático, permitirá afrontar los importantes retos, actuales y futuros, a los que se enfrenta el control biológico, permitiendo su implantación en más cultivos y con mayor éxito.

Bibliografía

- ! Aguilar-Fenolosa, E., & Jacas, J. A. (2014). Can we forecast the effects of climate change on entomophagous biological control agents? *Pest management science*, 70(6), 853-859.
- Atkinson D. (1994) Temperature and organism size: A biological law for ectotherms? *Adv Ecol Res* 25: 1-58.
- Bielza P. 2014 Un nuevo paso en el control biológico: mejora genética de enemigos naturales. *Phytoma* 262 : 26-26
- Bielza P. 2016 Next generation biological control agents: selective breeding for tolerance to environmental stress. BINGO-ITN workshop 'Optimizing Biological Control'. IVIA, Valencia, 19 enero 2016
- Bielza P., Mendoza J.E., Balanza V. 2015 The silver lining of insecticide resistance: resistant natural enemies. *Resistance 2015*. Libro de Resúmenes p. 23. Rothamsted Research, Harpenden, UK, 14-16 Sept 2015
- Calvo FJ, Bolckmans K, Belda J.E. (2012) Biological control based IPM in sweet pepper greenhouses using *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Biocontrol Sci Technol* 22:1398-1416
- Cebolla, R., Urbaneja, A., van Baaren, J., & Tena, A. (2018). Negative effect of global warming on biological control is mitigated by direct competition between sympatric parasitoids. *Biological Control*, 122, 60-66.
- Easterling, D.R., Meehl, G.A., Parmesan, C., Changnon, S.A., Karl, T.R., & Mearns, L.O. (2000). Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *science*, 289(5487), 2068-2074.
- Kingsolver, J.G., & Huey, R.B. (2008). Size, temperature, and fitness: three rules. *Evolutionary Ecology Research*, 10(2), 251-268.
- Lewis, W.J., Vet, L.E., Tumlinson, J.H., Van Lenteren, J.C., & Papaj, D.R. (1990). Variations in parasitoid foraging behavior: essential element of a sound biological control theory. *Environmental Entomology*, 19(5), 1183-1193.
- Lommen, S.T., Jong, P. W., & Pannebakker, B.A. (2017). It is time to bridge the gap between exploring and exploiting: prospects for utilizing intraspecific genetic variation to optimize arthropods for augmentative pest control—a review. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 162(2), 108-123.
- Navajas, M., A. Migeon, A. Estrada-Pena, A.C. Mailleux, P. Servigne and R. Petanovic. 2010. Mites and ticks (Acari). *BioRisk – Biodiversity and Ecosystem Risk Assessment* 4:149-192.
- Roderick, G. K., Hufbauer, R., & Navajas, M. (2012). Evolution and biological control. *Evolutionary Applications*, 5(5), 419-423.
- Schuldiner-Harpaz, T., & Coll, M. (2013). Effects of global warming on predatory bugs supported by data across geographic and seasonal climatic gradients. *PLoS one*, 8(6), e66622.
- van der Blom, J. (2017) Control Biológico en cultivos hortícolas en Almería: balance después de 10 años. *Boletín de la Sociedad Española de Entomología Aplicada* 2: 34-38.
- van Lenteren, J.C. (2012). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57(1), 1-20.