

## Uso de nemátodos entomopatógenos para el control de insectos

# 3.

Andrés France I.  
INIA Quilamapu

El Control Biológico de plagas de importancia agrícola está basado en el control tradicional, esencialmente de plagas aéreas y con el uso de insectos benéficos. A pesar que esta disciplina tiene más de 100 años de investigación y desarrollo, poco se ha explorado el uso de la patología de insectos como parte del manejo integrado de plagas y, menos aún, el uso de nemátodos entomopatógenos (NEP). La primera referencia en Chile del uso de un



A. France

Foto 32. Larva de gusano blanco parasitada por nemátodos entomopatógenos (*Steinernema* sp.). El recuadro muestra el detalle de los NEP emergiendo por la boca.

NEP corresponde al trabajo del Dr. Dutky (1957), quien fue responsable de la introducción del nemátodo *Steinernema carpocapsae* strain DD-136, que en aquellos años se denominaba *Neoplectana carpocapsae*, para el control de gusanos blancos en la zona de Temuco (Foto 32). Este trabajo pionero en el mundo, fue completamente olvidado por el exitoso desarrollo del DDT.

Los nemátodos han convivido con insectos por millones de años, produciéndose todo tipo de relaciones que van desde las beneficiosas para los insectos, hasta las perjudiciales como son los parasitismos y patogénesis. En efecto, el record más antiguo de detección de nemátodos corresponde a un Mermitido, parásito común en las larvas de gusanos blancos (Foto 33), que fue encontrado en un insecto atrapado en ámbar y fechado en la época del Cretáceo temprano, ¡140 millones de años atrás! (Poinar y Poinar, 2008). Durante todo este tiempo, el proceso evolutivo terminó adaptando a los NEP para utilizar los insectos como substratos de alimentación, dispersión y propagación, características que han permitido su uso para el control biológico de insectos plagas. El estudio de este tipo de control ha permitido la selección de cepas que pueden ejercer controles muy efectivos y en condiciones que otros sistemas de control no son posibles.



A. France

Foto 33. Emergencia de un nemátodo Mermitido desde larvas de gusano blanco.

Doce familias de nemátodos se asocian con los insectos, algunas utilizan a estos artrópodos como un medio de transporte sin causar daños, otros pueden producir parasitismo y otros pueden transmitir enfermedades; estos últimos se les denomina entomopatógenos. Dos familias destacan como NEP: Steinernematidae y Heterorhabditidae, ambas con ejemplos notables de asociación simbiótica y control de insectos. Todos los nemátodos corresponden a gusanos cilíndricos no segmentados y en el caso de los entomopatógenos, se caracterizan además por portar bacterias que les serán de utilidad durante la patogénesis del insecto. Estas bacterias pertenecen a la familia Enterobacteriaceae, son Gram negativas y anaeróbicas facultativas (Griffin et al., 2005). Se han reconocido dos géneros de bacterias simbiotas: *Xenorhabdus* y *Photorhabdus*, las cuales se asocian a las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae, respectivamente (Sicard et al., 2004; Tailliez et al., 2006; Emelianoff et al., 2007).

Los NEP presentan diferentes medios de adaptación a las condiciones de suelo y clima, entre las que se destacan su habilidad de moverse en el perfil del suelo, en busca de condiciones óptimas de sobrevivencia, de acuerdo a temperatura y humedad, o para buscar un hospedero siguiendo gradientes de excreción, CO<sub>2</sub> o movimiento (Alekseev et al., 2006). Básicamente existen dos estrategias que usan los NEP para encontrar su huésped, la cual se denomina forrajeo. La primera es seguir un estímulo o rastro que deja el insecto dentro de un substrato hasta encontrarlos, este hábito se denomina “perseguidor” y es útil para insectos poco móviles, que viven en galerías o cavidades en el suelo o en el interior de raíces. El segundo, es mantenerse quietos o nictando (mantenerse erguidos en la punta de la cola y oscilando) a la espera de que un insecto pase lo suficientemente cerca, para que ellos puedan saltar sobre su cuerpo, este tipo de forrajeo se denomina “emboscador”. Además, pueden presentar una estrategia de forrajeo intermedia, esto le permite parasitar a diferentes tipos de hospederos tanto móviles como menos móviles en el perfil del suelo (Lewis and Clarke, 2012).

El ciclo de vida de cualquier especie de NEP consta de huevo, cuatro estados juveniles (J1 a J4) y adulto. Los nemátodos infectivos corresponden al estado juvenil J3, pero que mantienen la cutícula del estado J2, y que son denominados “dauer”. Sólo los dauers son capaces de localizar a su hospedero e iniciar el proceso de parasitismo de forma activa. Los dauers entran al

insecto a través de sus aberturas naturales (boca, ano y espiráculos), el insecto se defiende barriendo de la boca los nemátodos, regurgitando, prolapsando el intestino o encapsulando los nemátodos a medida que estos logran entrar por los espiráculos. Si las medidas de defensa no son suficientes, los NEP terminan ingresando al hemocele, donde regurgita la bacteria simbiote que portan en una vesícula cercana a la boca, luego ésta se multiplica y destruye tejidos y hemolinfa, ocasionan la muerte del insecto por una septicemia generalizada (Ramos-Rodriguez *et al.*, 2007; Lewis and Clarke, 2012).



A. France

Foto 34. Masiva emergencia de estadios juveniles de nemátodos desde una larva de gusano blanco parasitada por NEP.

Una vez que el insecto muere, el nemátodo puede alimentarse de esta solución de hemolinfa y tejidos degradados ricos en células bacterianas, permitiendo que los juveniles muden a adultos y se reproduzcan en forma masiva (Foto 34). *Xenorhabdus* y *Photorhabdus* se caracterizan por destruir los tejidos internos del insecto, para crear un medio favorable para la alimentación y reproducción de los NEP, sin embargo estas bacterias no pueden vivir de forma libre, dependiendo totalmente de los NEP para ser transportadas e inoculadas en el sustrato correcto, es decir el insecto (Griffin et al., 2005).

No solo se ha demostrado la efectividad de los NEP como parásitos obligados y portadores de enfermedades en una amplia variedad de insectos que habitan en el suelo, pero además el que estos organismos presenten la mayoría de los atributos que debe tener un efectivo agente de control biológico: matan su huésped rápidamente, son específicos contra numerosos insectos plagas, inocuos para vertebrados y plantas, fáciles de propagar y almacenar, capaces de buscar a su huésped por sí mismos, no contaminan el medio ambiente y se adaptan bien a un control integrado de plagas, (Griffin et al., 2005; Koppenhöfer, 2007; Lewis and Clarke, 2012). La característica de buscar por sus propios medios al insecto huésped, lo convierte en el único tipo de microorganismo que puede cumplir este tipo de función, permitiendo el control de plagas que se encuentran en sitios críticos como el suelo o al interior de raíces o coronas de plantas (Foto 35).



A. France

Foto 35. Larvas de Curculiónidos alimentándose del interior de una corona de arándano.

En Chile, el Programa de Patología de Insectos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), ha estado prospeccionando en forma sistemática el país en busca de nemátodos entomopatógenos, demostrándose la presencia de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* y de especies únicas en el mundo (Edgington *et al.*, 2010), constituyéndose en una base biológica para ser usados en el control biológico de insectos plagas de importancia económica. La tendencia de estos organismos en el país es a presentarse con mayor abundancia hacia el extremo sur (Figura 3), indicando ciertas adaptaciones o preferencias climas más fríos.

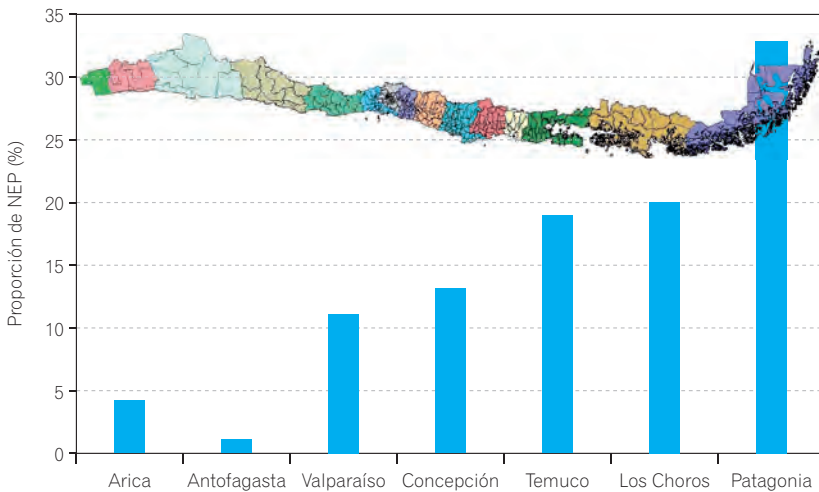


Figura 3

Distribución de aislamientos de NEP a lo largo de Chile.

Ensayos de control con NEP chilenos han sido realizados principalmente en Curculiónidos, debido a que varias especies de estos insectos afectan de manera importante diferentes frutales de la zona centro sur y sur de Chile. Entre ellos se destacan el cabrito o marinerito (*Aegorhinus superciliosus*), capachito de los frutales (*Naupactus cervinus*) y el gorgojo de los invernaeros (*Otiorhynchus sulcatus*). Para este tipo de plagas los NEP son una de las mejores alternativas de control biológico, ya que poseen la capacidad de

buscar a su huésped, en lugares donde otros organismos no tienen alternativas de encontrar a su presa.

Los resultados han permitido demostrar niveles de control de hasta un 75% en la emergencia de adultos. El Gorgojo de los invernaderos es una plaga que consume raicillas y anilla raíces más gruesas de diferentes especies frutales, particularmente es importante en arándanos donde las cantidades de larvas en el suelo pueden alcanzar grandes números, dado que todos los individuos son hembras y muy prolíficas. Ensayos realizados en huertos comerciales de arándanos muestran que los NEP logran disminuir la emergencia de adultos hasta 75% (Figura 4). Se ha demostrado que la presencia de NEP en el suelo disminuye sostenidamente la emergencia de adultos, como este insecto tiene un período en el cual la emergencia es mayor, si esta no ocurre en la fecha apropiada existen menos posibilidades para que la plaga sea exitosa.

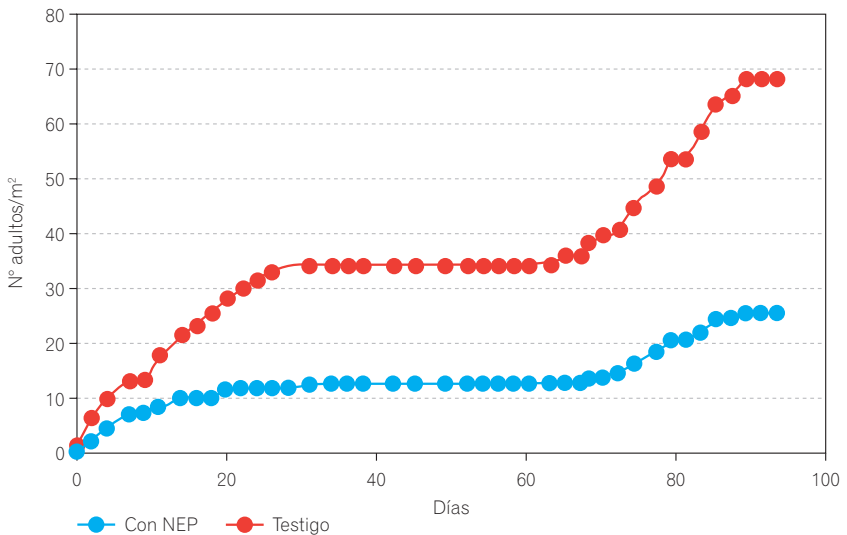


Figura 4

Efecto de las aplicaciones al suelo de nemátodos entomopatógenos (NEP) en la emergencia de adultos *Otiorhynchus sulcatus* Huerto de arándanos ubicado en Purranque.

En las plagas de suelo no siempre es factible evaluar directamente lo que está ocurriendo con la mortalidad de larvas (Foto 36), debido a que ésta ocurre bajo el suelo, pero si es posible en forma indirecta, mediante la emergencia de adultos u otro estadio que sea visible sobre el suelo. También es importante señalar que el remanente de adultos que emerge del suelo puede también estar contaminado con nemátodos, dado que estos insectos mudan a adultos en el suelo, todavía hay una última oportunidad para que sean parasitados por los NEP y terminen muriendo en la parte aérea. Los adultos que escapan al control pueden volver a repoblar el huerto, sin embargo los NEP que logran matar insectos en el suelo se reproducen y pueden repetir el ciclo de parasitismo y patogénesis.



A. France

Foto 36. Larva de *Otiorhynchus sulcatus* parasitada por NEP, las diferencias de tamaño que se observa en los nemátodos corresponde a los adultos y juveniles.



Resultados similares se han visto con otras plagas de Curculionidos de importancia, como es el caso de *Aegorhinus superciliosus* o el Cabrito de la frambuesa. Esta especie nativa es la de mayor importancia económica para la producción de berries en Chile, el daño lo provoca la larva que consume raíces y horada múltiples galerías que terminan matando la planta. Debido a este hábito subterráneo y a la dificultad de los insecticidas en alcanzar la profundidad de la zona donde se alimentan las larvas, una de las mejores alternativas de control es el uso de NEP. Al igual que en otras plagas, la efectividad de los nemátodos depende de la cepa elegida, ya que solo unas pocas pueden adaptarse al insecto y tener reales perspectiva en el control (Figura 5).

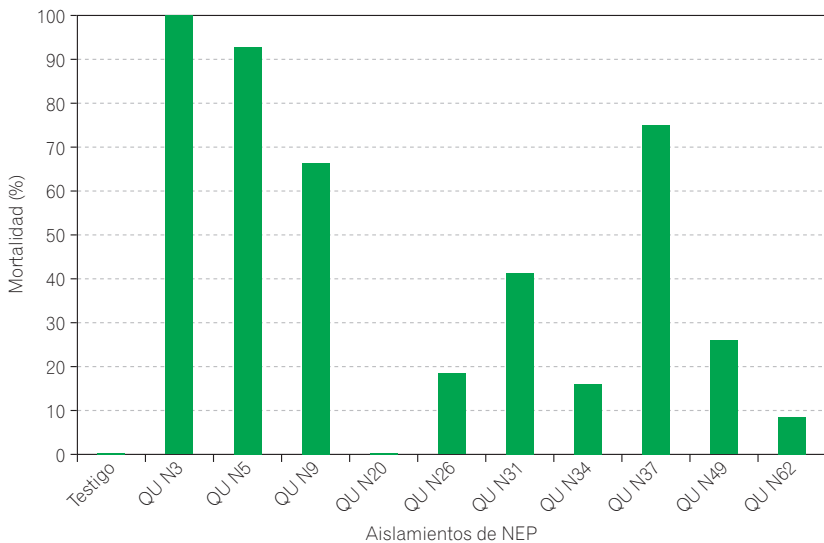


Figura 5

Mortalidad de larvas de *Aegorhinus superciliosus* con distintos aislamientos de nemátodos entomopatógenos.

Ensayos de control de las larvas de Cabrito en huertos establecidos, ha demostrado niveles de control de 72% (Figura 6), lo cual es un buen nivel de control, considerando lo difícil que es controlar una plaga que se encuentra en ambientes crípticos, formando galerías en las raíces o coronas (Foto 35), con lo cual se escapa a la mayoría de los métodos de control conocidos.

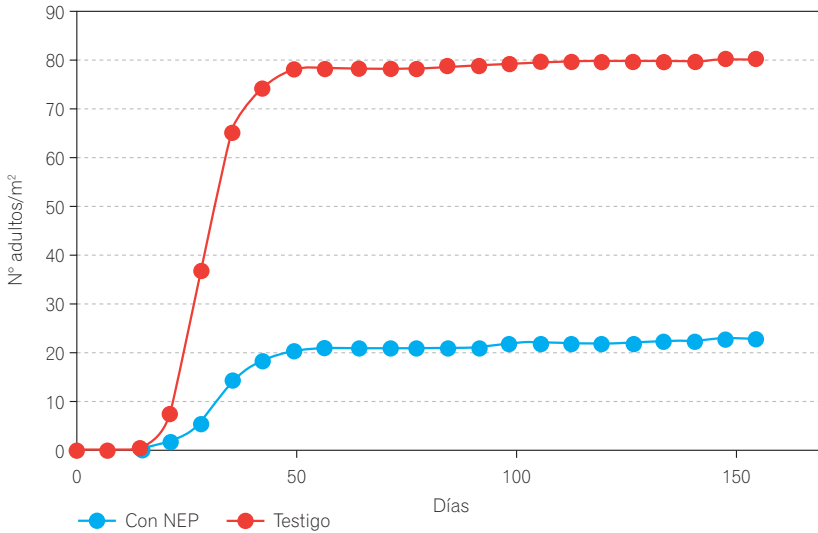


Figura 6

Efecto de las aplicaciones al suelo de nemátodos entomopatógenos (NEP) en la emergencia de adultos de *Aegorhinus superciliosus* Huerto de frambuesas ubicado en La Unión.

Por último, se puede señalar como ejemplo de control de Curculionidos las evaluaciones realizadas con el Capachito de los frutales (*Naupactus=Asynonychus cervinus*), insecto que también solo presenta hembras, por lo cual es suficiente que ingrese un solo individuo a un huerto, para que se produzca una población cada vez mayor hasta convertirse en plaga. Las larvas de esta especie viven en el suelo y se alimenta de las raicillas de árboles o arbustos, por lo cual es un buen candidato para ser controlados por NEP. Ensayos realizados en arándanos afectados por esta plaga han demostrado que los NEP reducen en 68% la emergencia de adultos (Figura 7).

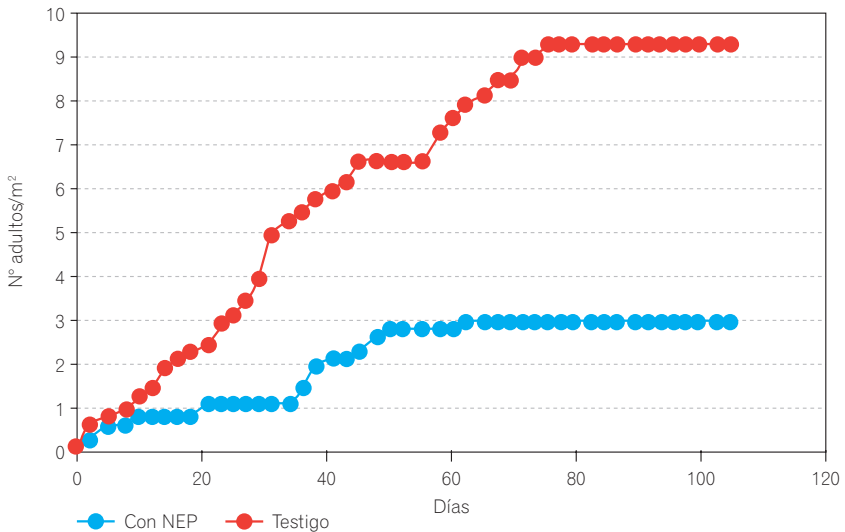


Figura 7

Efecto de las aplicaciones al suelo de nemátodos entomopatógenos (NEP) en la emergencia de adultos de *Naupactus cervinus* Huerto de arándano ubicado en Freire.

Es importante señalar que los NEP tienen especificidad por especies de insectos, y aunque se ve parasitismo y mortalidad con diferentes especies emparentadas, siempre hay unas pocas cepas que pueden ejercer una alta mortalidad (Figura 8). Esto es importante para evitar el uso de una sola especie o cepa para múltiples plagas. Lo anterior puede considerarse una desventaja, al requerir más de una cepa para el control de plagas de un cultivo, pero la especificidad permite que no se afecte otros insectos benéficos y que puedan estar ayudando al control de la plaga.

El principal uso que se le dan a los NEP es en el control de plagas que viven o pasan la mayor de su ciclo en el suelo, debido a que una de las limitantes a su uso es la susceptibilidad a la radiación solar o deshidratación por viento. Sin embargo, también es factible su uso en plagas aéreas bajo situaciones especiales, como son aplicaciones en épocas del año en que el clima no daña a los nemátodos. Por ejemplo, las aplicaciones en meses de invierno es una ventana que se puede utilizar en el caso de plagas que pupan o invernan en grietas de cortezas o galerías, donde los nemátodos

pueden acceder gracias a que se mueven por sí mismo en busca de su presa. Un buen ejemplo es el control de las larvas invernantes de la Polilla de la manzana (Foto 37), la cual pasa el invierno en las grietas de la corteza del manzano, con lo cual se pueden hacer tratamientos dirigidos al tronco. Tratamientos realizados en huertos de este frutal han mostrado que se puede lograr controles de hasta 90% de las larvas presentes en los troncos (Figura 9), lo cual es un medio efectivo para disminuir la presión de la plaga a la temporada siguiente.

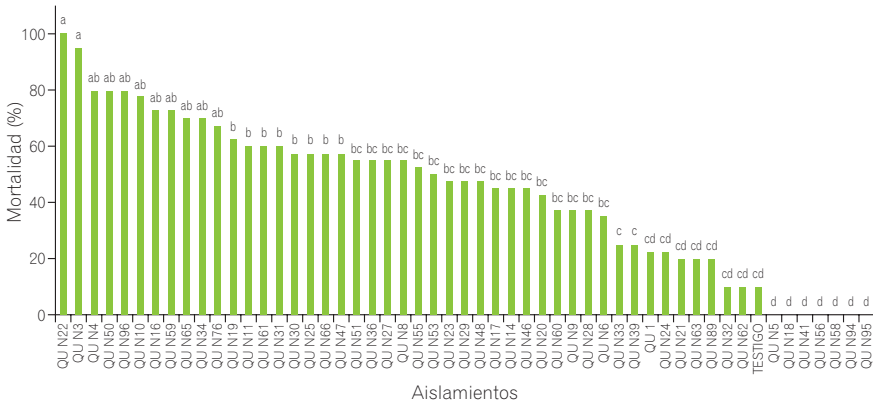
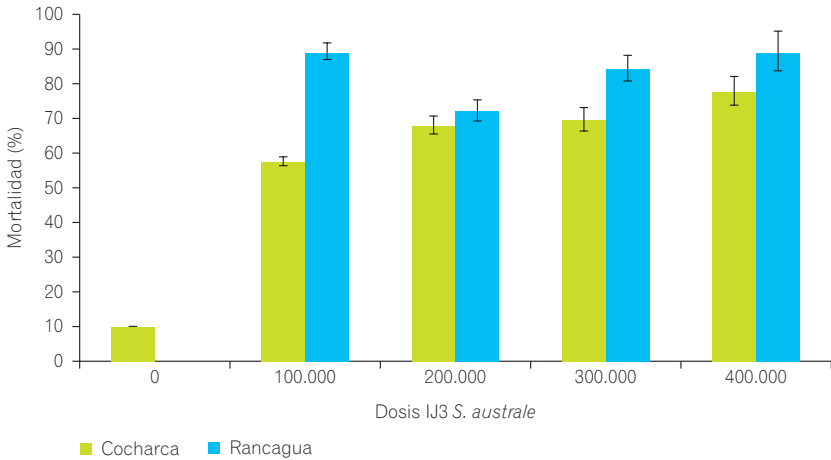


Figura 8

Selección de cepas de NEP contra larvas de la Polilla de la manzana. Nótese la variabilidad de respuesta con respecto a la mortalidad que se puede alcanzar.



Foto 37. Adulto, larva y daño de la Polilla de la manzana.



**Figura 9**

Mortalidad de larvas invernantes de la Polilla de la manzana aplicadas en dos localidades y a distintas dosis del NEP *Steinernema australe*.

Los nemátodos entomopatógenos se pueden producir en fermentadores o dentro de larvas de insectos, este último sistema está siendo utilizado en algunas empresas frutícolas de la zona sur, para masificar la producción de nemátodos y luego ser liberados en huertos. Los ejemplos de uso de nemátodos en Chile son aún incipientes, pero la tecnología está disponible y será utilizada cada vez más en la medida que se conozcan sus ventajas y posibilidades, como otra herramienta dentro del control biológico de plagas.

En consecuencia, el uso de NEP es una herramienta más para el control de insectos plagas, con las ventajas propias de un organismos de control biológico y la posibilidad de buscar la presa dentro de ambientes críticos y poco accesibles por otros medios de control, incluyendo los productos químicos. En la medida que se conozca más sobre esta tecnología y aumente su uso, mayores serán las posibilidades de desarrollo, como una herramienta efectiva dentro del control integrado de plagas.