

LA CHINCHE DEL EUCALIPTO *Thaumastocoris peregrinus*

**Biología y manejo regional de
una plaga forestal invasiva**

Octubre, 2017

SERIE
TÉCNICA

237

INIA

LA CHINCHE DEL *EUCALIPTO*
Thaumastocoris peregrinus

**Biología y manejo regional de una
plaga forestal invasiva.**

Editor: Gonzalo Martínez Crosa*

* Dr. Gonzalo Martínez Crosa. Laboratorio de Entomología. Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal. INIA Tacuarembó

Título: LA CHINCHE DEL EUCALIPTO *Thaumastocoris peregrinus*
Biología y manejo regional de una plaga forestal invasiva.

Editor: Gonzalo Martínez Crosa

Serie Técnica N° 237

ISBN 978-9974-38-387-6

© 2017, INIA

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA
Andes 1365, Piso 12. Montevideo, Uruguay.
<http://www.inia.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Esta publicación no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Integración de la Junta Directiva

D.M.T.V., Ph.D. José Luis Repetto - Presidente

Ing. Agr., M.Sc., Ph.D. Álvaro Roel - Vicepresidente



Ing. Agr., M.Sc. Diego Payssé Salgado

Ing. Agr. Jorge Peñaricano



Ing. Agr. Pablo Gorriti

Ing. Agr. Alberto Bozzo



CONTENIDO

Página

1 La chinche del <i>eucalipto</i>: abordaje de una plaga forestal emergente	1
Referencias	4
2 Proyecto: “Nivelación de las capacidades regionales para el control biológico de la chinche del eucalipto”. El desarrollo de redes de cooperación para la solución de un problema regional	9
RESUMEN	9
ABSTRACT	9
AGRADECIMIENTOS	9
INTRODUCCIÓN	10
Programa de la producción forestal en la región	10
Sanidad forestal en la región	11
Hacia un proyecto cooperativo regional	14
Características y principales productos del Proyecto	17
Alianzas interinstitucionales	18
Protocolos establecidos (cría, monitoreo, multiplicación)	19
Introducción del parasitoide y transferencia entre las partes	19
Creación de capacidad	21
Recomendaciones del proyecto	21
REFERENCIAS	24
3 Dos protocolos de cría para la chinche del eucalipto	27
RESUMEN	27
ABSTRACT	27
AGRADECIMIENTOS	27
INTRODUCCIÓN	28
Preparación del sustrato de alimentación	29
Protocolo para cría masiva	31
Definiciones	32
Etapas de la cría	33
Protocolo de cría continua intensiva en condiciones controladas	35
Definiciones	35
Metodología	36
Ciclo de vida en condiciones de cría intensiva	37
REFERENCIAS	40

4 Relaciones de preferencia-desempeño en la chinche del eucalipto <i>Thaumastocoris peregrinus</i>	41
RESUMEN	41
ABSTRACT	41
AGRADECIMIENTOS	42
INTRODUCCIÓN	42
MATERIAL y MÉTODOS	44
Preferencia	44
Desempeño de las ninfas.....	45
Análisis de los datos.....	46
RESULTADOS	46
Preferencia	46
Desempeño de las ninfas.....	49
Discusión	52
REFERENCIAS	56
5 Hacia un programa de control biológico de la chinche del eucalipto con <i>Cleruchoides noackae</i>	61
RESUMEN	61
ABSTRACT	61
AGRADECIMIENTOS	62
INTRODUCCIÓN	62
MATERIAL y MÉTODOS	63
Efecto de la temperatura	64
Aborto inducido por el parasitoide	64
Evolución de la razón sexual durante el periodo de emergencia	64
Liberación a campo	65
Análisis de los datos	65
RESULTADOS	66
Calidad de las colonias de cría	66
Temperatura	67
Aborto inducido por el parasitoide	68
Evolución de la razón sexual durante el periodo de emergencia	69
Liberación a campo	70
Discusión	71
Cría en laboratorio	71
Efecto de la temperatura	72
Aborto inducido por el parasitoide	72
Evolución de la razón sexual durante el periodo de emergencia	73
Liberación a campo	73
Consideraciones finales	73
REFERENCIAS	74

6. Lecciones aprendidas sobre <i>Thaumastocoris peregrinus</i> de cara a la mejora del manejo de plagas en plantaciones de Eucalyptus	78
La planta: considerar las preferencias de oviposición en el mejoramiento genético y en el diseño de plantación	78
El herbívoro: el rol del comportamiento gregario	79
El psílido de lerp: ¿Manejo combinado de plagas?	79
El parasitoide	80
Consideraciones finales	80
REFERENCIAS	82

1. La chinche del *eucalipto*: abordaje de una plaga forestal emergente

The bronze bug: an approach for an emerging forestry pest

Gonzalo Martínez Crosa¹

(Adaptado de: MARTÍNEZ G., 2017. Mothers in the woods: Multitrophic interactions and oviposition preference in the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*, a pest of *Eucalyptus*. PhD Thesis. Wageningen University and Research Centre, Wageningen, Netherlands.)

Entre 1990 y 2015 el área mundial cubierta por plantaciones forestales se incrementó de 167,5 millones de hectáreas a 277.9 millones de ha (Payn *et al.*, 2015). Uruguay ha acompañado esa tendencia luego de la aprobación de la Ley Forestal (15.939) en 1988, la cual estimuló un crecimiento explosivo de 1.000 % del área dedicada a plantaciones comerciales entre ese año y 2010 (Morey & Porcile, 2002; Ligrone, 2011). El área forestada se ubica actualmente en el entorno del millón de ha, un 80% de las cuales contiene rodales de *Eucalyptus* (Boscana *et al.*, 2016). La forestación con *Eucalyptus* se benefició inicialmente de una situación sanitaria relativamente benigna, resultante de la distancia al área de origen del género (Jeffries & Lawton, 1984). Sin embargo el aumento del área forestada y el transcurrir del tiempo han promovido la introducción de plagas y enfermedades desde Australia que amenazan la productividad de las plantaciones (Wingfield *et al.*, 2008, 2013). La introducción de plagas invasivas se ha visto favorecida en las últimas décadas además por un creciente comercio global de semillas, plantas y productos en embalajes de madera (Humble, 2010; Paine *et al.*, 2011; Wingfield *et al.*, 2013).

El género *Eucalyptus* contiene más de 500 especies endémicas de Australia y Nueva Guinea, más de 200 de las cuales se distribuyen en la región Sudeste de Australia (Brooker & Kleinig, 1990). Los eucaliptos son

las especies de dicotiledóneas más plantadas en la forestación a nivel mundial, particularmente en el hemisferio Sur (Paine *et al.*, 2011). Las especies de *Eucalyptus* más comúnmente utilizadas en forestación son perennes, las hojas pueden permanecer en un árbol maduro por dos o hasta tres años (Brooker & Kleinig, 1990). Una característica particular de este género es el desarrollo heteroblástico, es decir, la presencia simultánea de dos estados de desarrollo foliar: hojas juveniles y hojas adultas (Gras *et al.*, 2005). Las hojas juveniles difieren en su morfología, filotaxia y contenido de ceras en relación a las adultas, lo cual ofrece nuevas alternativas de diversificación de nichos para los herbívoros (Brennan *et al.*, 2001; Nahrung & Allen, 2003; Gras *et al.*, 2005; Velikova *et al.*, 2008).

En Uruguay, 68% del área total ocupada por plantaciones de eucaliptos tiene como destino la obtención de fibras para la pujante industria celulósica (Boscana *et al.*, 2016). El área restante se planta para la obtención de madera, bioenergía, o como fuente de sombra y abrigo para el ganado. La incidencia de la entomofauna nativa sobre los rodales de eucaliptos es poco significativa en Uruguay y otras regiones subtropicales y templadas de Sudamérica en comparación con la región tropical (Paine *et al.*, 2011); la mayoría de los insectos que atacan eucaliptos en nuestro país son de origen australiano (FAO-MGAP, 2006).

¹Dr. Gonzalo Martínez Crosa. Laboratorio de Entomología. Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal. INIA. gmartinez@tb.inia.org.uy

Uno de estos insectos australianos es la chinche del eucalipto *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Heteroptera: Thaumastocoridae). Originalmente restringido a Australia, este insecto se volvió una de las plagas invasivas más importantes para las plantaciones de eucaliptos a nivel mundial (Noack & Rose, 2007; Wilcken *et al.*, 2010). En menos de 15 años la chinche del eucalipto colonizó África (Jacob & Naser, 2005), Sudamérica (Carpintero & Dellapé, 2006; Martínez & Bianchi, 2010; Wilcken *et al.*, 2010; Ide *et al.*, 2011; Benítez Díaz *et al.*, 2013), Norteamérica (Jiménez-Quiroz *et al.*, 2016), Nueva Zelanda (Sopow *et al.*, 2012), Europa (Laudonia & Sasso, 2012; Garcia *et al.*, 2013; Heyden, 2017) y Medio Oriente (Novoselsky & Freidberg, 2016). Se trata de una pequeña chinche aplanada (1–3 mm de largo) que se alimenta de especies dentro de los géneros *Eucalyptus* y *Corymbia*. La chinche del eucalipto presenta un comportamiento alimentario de ruptura celular el cual implica el uso de sus piezas bucales para lacerar las células vegetales en un área pequeña de la hoja y la inyección de una saliva acuosa dentro de las células destruidas para luego ingerir la “sopa” resultante (Santadino *et al.*, 2017). Este tipo de alimentación genera puntos blanquecinos en las hojas que más tarde se tornan cloróticos (bronceado) y que pueden llevar a la caída de la hoja. La consecuente pérdida de área fotosintética debido al bronceado y/o la defoliación genera estrés en el árbol el cual puede afectar su tasa de crecimiento o incluso provocar la muerte de árboles en pie en casos muy severos (Jacob & Naser, 2005). La dinámica estacional de la chinche del eucalipto en Uruguay se caracteriza por presentar varios ciclos anuales (multivoltinismo) con picos de abundancia que ocurren desde fines del verano y que pueden extenderse a mediados del otoño (Martínez & Gómez, 2014).

Las estrategias de manejo de plagas más comunes en plantaciones forestales incluyen el mejoramiento genético, el manejo silvicultural y el control químico o biológico. De todas estas estrategias el control biológico clásico representa una de las vías principales para el manejo global de las plagas invasivas en

las plantaciones (Garnas *et al.*, 2012), con muchos ejemplos exitosos en el sector forestal (Mendel, 1986a,b; Hanks *et al.*, 1996; Cordero Rivera *et al.*, 1999; Hodkinson, 1999; Protasov *et al.*, 2007). Sin embargo la implementación de un programa de control biológico presenta dificultades que surgen a partir de la interacción de factores complejos y de diversa naturaleza (Hokkanen & Sailer, 1985; Hokkanen & Lynch, 2003). En este contexto, a los efectos de establecer un programa exitoso de control biológico los esfuerzos de investigación iniciales deben invertirse en la comprensión de la biología de tanto la plaga como los potenciales agentes de control biológico, así como en el desarrollo de sistemas de crías eficaces para ambos (Etzel & Legner, 1999).

El agente de control biológico más estudiado para la chinche del eucalipto es la avispa parasitoide *Cleruchoides noackae* Lin and Huber (Hymenoptera: Mymaridae). Se trata de una avispa minúscula (0,2 mm de largo corporal) que fue colectada por primera vez de huevos de *Thaumastocoris* spp. en New South Wales, Australia (Lin *et al.*, 2007). En condiciones de laboratorio las avispas adultas viven alrededor de 2 días si son alimentadas con miel, y durante este período parasitan huevos de hasta 3 días (Mutitu *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2016). Se ha confirmado la existencia de partenogénesis arrenótopa para *C. noackae*: los huevos no fertilizados producen machos y los fertilizados producen hembras (Mutitu *et al.*, 2013). El análisis de la diversidad genética de *C. noackae* en su área de distribución natural sugiere que su capacidad de dispersión es relativamente baja y que por lo tanto conforma pequeñas poblaciones con un flujo genético muy reducido entre las mismas (Nadel *et al.*, 2012). Estos caracteres biológicos y ecológicos de *C. noackae* la vuelven una candidata para el control biológico de *T. peregrinus*, por lo que varios países iniciaron en forma temprana programas de control biológico con esta especie como una de las pocas alternativas de manejo para la chinche del eucalipto (Jaques, 2010; Nadel & Noack, 2012; Mutitu *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2016).

Uruguay ha sido pionero en la región en la investigación sobre esta plaga desde su detección en 2008 (Martínez & Bianchi, 2010). En 2009 se instaló una red de monitoreo y vigilancia de la chinche del eucalipto utilizando trampas amarillas, en acuerdo con la Sociedad de Productores Forestales y en el marco del CECOPE (Bianchi *et al.*, 2008). En 2011 se aprobó el proyecto “Efecto de las interacciones multitróficas en el comportamiento de oviposición de la chinche del eucalipto, una plaga importante de las plantaciones de *Eucalyptus* en Uruguay” (FO012) el cual involucraba un proyecto de doctorado. Bajo este marco se desarrolló un protocolo de cría para la chinche del eucalipto a partir del cual se obtuvieron ejemplares para el estudio de su biología y ecología química (Martínez *et al.*, 2014). Se determinó su ciclo biológico en condiciones de laboratorio (Martínez *et al.*, 2014), se caracterizó la primera feromona para esta especie (González *et al.*, 2012) y se avanzó

en el conocimiento de su comportamiento de alimentación y oviposición y en la interacción con potenciales competidores (Martínez *et al.*, 2017b,a). A los efectos de viabilizar la introducción del parasitoide y potenciar sinergias a nivel de investigación se apostó a la cooperación y la integración regional a partir del desarrollo de un proyecto regional en el marco del PROCISUR y una participación activa durante estos años en el COSAVE. Como resultado de esta cooperación se realizó la introducción al país del parasitoide *C. noackae*, se instaló un protocolo de cría del mismo y se liberó en forma sistemática hasta lograr establecer dos núcleos de población silvestre (Martínez, 2017). El objetivo de esta Serie Técnica es presentar los principales resultados de investigación y de cooperación obtenidos en este proyecto y discutir las implicancias de los mismos en el marco de una estrategia de manejo integrado y en particular de control biológico para la chinche del eucalipto.

REFERENCIAS

- BENÍTEZ DÍAZ E.A., SOSA CORONEL R., GODZIEWSKI D.** 2013. Consideraciones sobre dos nuevas plagas del eucalipto en Paraguay, el psílido de la concha o escudo *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) y la chinche marrón *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Paraguay 17 (1): 72–75.
- BIANCHI M., MARTÍNEZ G., SÁNCHEZ A.** 2008. Plan piloto de monitoreo para *Thaumastocoris peregrinus* en plantaciones de *Eucalyptus* sp. en Uruguay. Comité Ejecutivo de Coordinación en materia de plagas y enfermedades que afectan plantaciones forestales (CECOPE), Montevideo.
- BOSCANA M., BORAGNO L., ECHEVERRÍA R.** 2016. *Estadísticas forestales 2016*. MGAP - DGF, Montevideo.
- BRENNAN E.B., WEINBAUM S.A., ROSENHEIM J.A., KARBAN R.** 2001. Heteroblasty in *Eucalyptus globulus* (Myricales: Myricaceae) affects ovipositional and settling preferences of *Ctenarytaina eucalypti* and *C. spatulata* (Homoptera: Psyllidae). Environmental Entomology 30 (6): 1144–1149.
- BROOKER M.I.H., KLEINIG D.A.** 1990. *Field guide to eucalypts 1*. Inkata Press, Melbourne [u.a.].
- CARPINTERO D.L., DELLAPÉ P.M.** 2006. A new species of *Thaumastocoris* Kirkaldy from Argentina (Heteroptera: Thaumastocoridae: Thaumastocorinae). Zootaxa 1228: 61–68.
- CORDERO RIVERA A., SANTOLAMAZZA CARBONE S., ANDRÉS J.A.** 1999. Life cycle and *Biological Control* of the *Eucalyptus* snout beetle (Coleoptera, Curculionidae) by *Anaphes nitens* (Hymenoptera, Mymaridae) in north-west Spain. Agricultural and Forest entomology 1: 103–109.
- ETZEL L.K., LEGNER E.F.** 1999. Chapter 7 - Culture and colonization. In: Thomas S. Bellows, T.W. Fisher, L.E. Caltagirone, D.L. Dahlsten, G. Gordh and C.B. HuffakerA2 - Thomas S. Bellows TWF., C.B. Huffaker eds. *Handbook of Biological Control*. Academic Press, San Diego, pp. 125–197.
- FAO-MGAP.** 2006. *Plagas y enfermedades de eucaliptos y pinos en el Uruguay*. FAO, Montevideo.
- GARCIA A., FIGUEIREDO E., VALENTE C., MONSERRAT V.J., BRANCO M.** 2013. First record of *Thaumastocoris peregrinus* in Portugal and of the neotropical predator *Hemeroobius bolivari* in Europe. Bulletin of Insectology 66 (2): 251–256.
- GARNAS J.R., HURLEY B.P., SLIPPERS B., WINGFIELD M.J.** 2012. *Biological Control* of forest plantation pests in an interconnected world requires greater international focus. International Journal of Pest Management 58 (3): 211–223. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.698764>.
- GONZÁLEZ A., CALVO M.V., CAL V., HERNÁNDEZ V., DOÑO F., ALVES L., GAME-NARA D., ROSSINI C., MARTÍNEZ G.** 2012. A male aggregation pheromone in the bronze bug, *Thaumastocoris peregrinus* (Thaumastocoridae). Psyche: A Journal of Entomology 2012: 1–7. <https://doi.org/10.1155/2012/868474>.
- GRAS E.K., READ J., MACH C.T., SANSON G.D., CLISSOLD F.J.** 2005. Herbivore damage, resource richness and putative defences in juvenile versus adult *Eucalyptus* leaves. Australian Journal of Botany 53 (1): 33. <https://doi.org/10.1071/BT04049>.
- HANKS L.M., PAINE T.D., MILLAR J.G.** 1996. Tiny wasp helps protect eucalypts from *Eucalyptus* longhorned borer. California Agriculture 50: 14–16.

- HEYDEN T. VAN DER.** 2017. The first record of *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Heteroptera: Thaumastocoridae) for Albania. *Revista gacitana de Entomología VIII* (1): 133–135.
- HODKINSON I.D.** 1999. Biocontrol of *Eucalyptus* psyllid *Ctenarytaina eucalypti* by the Australian parasitoid *Psyllaephagus pilosus*: a review of current programmes and their success. *BioControl* 20: 129–134.
- HOKKANEN H.M.T., LYNCH J.M.** 2003. *Biological Control*.
- HOKKANEN H.M.T., SAILER R.I.** 1985. Success in classical *Biological Control*. *Critical Reviews in Plant Sciences* 3 (1): 35–72. <https://doi.org/10.1080/07352688509382203>.
- HUMBLE L.** 2010. Pest risk analysis and invasion pathways-insects and wood packing revisited: What have we learned. *New Zealand Journal of Forestry Science* 40 (Suppl).
- IDE S., RUIZ C., SANDOVAL A., VALENZUELA J.** 2011. Detección de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) asociado a *Eucalyptus* spp. en Chile. *Bosque* 32 (3): 309–313. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000300012>.
- JACOB D.H., NESER S.** 2005. *Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Heteroptera: Thaumastocoridae): a new insect arrival in South Africa, damaging to *Eucalyptus* tree. *South African Journal of Science* 101: 233–236.
- JAQUES L.** 2010. *Cuarentena y masificación de Cleruchoides noackae* Lin & Hubert (Hymenoptera: Mymaridae) parasitoide de huevos de *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae). SAG, Santiago de Chile.
- JEFFRIES M., LAWTON J.H.** 1984. Enemy-free space and the structure of ecological communities. *Biological Journal of the Linnean Society* 23: 269–286.
- JIMÉNEZ-QUIROZ E., VANEGAS-RICO J.M., MORALES-MARTÍNEZ O., LOMELI-FLORES J.R., RODRÍGUEZ-LEYVA E.** 2016. First record of the bronze bug, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae), in Mexico. *Journal of Agricultural and Urban Entomology* 32 (1): 35–39. <https://doi.org/10.3954/1523-5475-32.1.35>.
- LAUDONIA S., SASSO R.** 2012. The bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*: a new insect recorded in Italy, damaging to *Eucalyptus* trees. *Bulletin of Insectology* 65 (1): 89–93.
- LIGRONE A.** 2011. Indicadores de actividad en el sector forestal en 2011. In: *Anuario OPYPA 2011*. MGAP, Montevideo, pp. 117–114.
- LIN N.Q., HUBER J.T., LA SALLE J.** 2007. The Australian genera of Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Zootaxa* 1596: 1–111.
- MARTÍNEZ G.** 2017. Mothers in the woods: Multitrophic interactions and oviposition preference in the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*, a pest of *Eucalyptus*. PhD Thesis. Wageningen University and Research Centre, Wageningen, Netherlands.
- MARTÍNEZ G., BIANCHI M.** 2010. Primer registro para Uruguay de la chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero y Dellapé, 2006 (Heteroptera: Thaumastocoridae). *Agrociencia* 14 (1): 15–18.
- MARTÍNEZ G., FINOZZI M.V., CANTERO G., SOLER R., DICKE M., GONZÁLEZ A.** 2017a. Oviposition preference but not adult feeding preference matches with offspring performance in the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 163 (1): 101–111. <https://doi.org/10.1111/eea.12554>.
- MARTÍNEZ G., GÓMEZ D.** 2014. *Monitoreo de trampas amarillas*. INIA - CECOPE, Tacuarembó.

MARTÍNEZ G., GONZÁLEZ A., DICKE M. 2017b. Effect of the eucalypt lerp psyllid *Glycaspis brimblecombei* on adult feeding, oviposition-site selection and offspring performance by the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* . in prensa.

MARTÍNEZ G., LÓPEZ L., CANTERO G., GONZÁLEZ A., DICKE M. 2014. Life-history analysis of *Thaumastocoris peregrinus* in a newly designed mass rearing strategy. *Bulletin of Insectology* 67 (2): 199–205.

MENDEL Z. 1986a. Hymenopterous parasitoids of bark beetles [Scolytidae] in Israel: Host relation, host plant, abundance and seasonal history. *BioControl* 31 (2): 113–125. <https://doi.org/10.1007/BF02372363>.

MENDEL Z. 1986b. Hymenopterous parasitoids of bark beetles [Scolytidae] in Israel: Relationships between host and parasitoid size, and sex ratio. *BioControl* 31 (2): 127–137. <https://doi.org/10.1007/BF02372364>.

MOREY C.S., PORCILE J.F. 2002. Aspectos fitosanitarios del desarrollo forestal en Uruguay: antecedentes históricos y una década de sucesos. MGAP - DGF, Montevideo.

MUTITU E.K., GARNAS J.R., HURLEY B.P., WINGFIELD M.J., HARNEY M., BUSH S.J., SLIPPERS B. 2013. Biology and rearing of *Cleruchoidea noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid for the *Biological Control* of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). *Journal of Economic Entomology* 106 (5): 1979–1985. <https://doi.org/10.1603/EC13135>.

NADEL R.L., NOACK A.E. 2012. Current understanding of the biology of *Thaumastocoris peregrinus* in the quest for a management strategy. *International Journal of Pest Management* 58 (3): 257–266. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.659228>.

NADEL R.L., WINGFIELD M., SCHOLES M., LAWSON S., NOACK A., NESER S., SLIPPERS B. 2012. Mitochondrial DNA diversity of *Cleruchoidea noackae* (Hymenoptera: Mymaridae): a potential *Biological Control* agent for *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). *BioControl* 57 (3): 397–404. <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9409-z>.

NAHRUNG H.F., ALLEN G.R. 2003. Intra-plant host selection, oviposition preference and larval survival of *Chrysophtharta agricola* (Chapuis) (Coleoptera: Chrysomelidae: Paropsini) between foliage types of a heterophyllous host. *Agricultural and Forest entomology* 5 (2): 155–162. <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2003.00172.x>

NOACK A.E., ROSE H.A. 2007. Life-history of *Thaumastocoris peregrinus* and *Thaumastocoris* sp. in the laboratory with some observations on behaviour. *General and Applied Entomology* 36: 27–34.

NOVOSELSKY T., FREIDBERG A. 2016. First record of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) in the Middle East, with biological notes on its relations with *Eucalyptus* trees. *Israel Journal of entomology* 46: 43–55.

PAINÉ T.D., STEINBAUER M.J., LAWSON S.A. 2011. Native and exotic pests of *Eucalyptus*: A worldwide perspective. *Annual Review of Entomology* 56: 181–201. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-110610-140000>.

PAYN T., CARNUS J.-M., FREER-SMITH P., KIMBERLEY M., KOLLERT W., LIU S., ORAZIO C., RODRIGUEZ L., SILVA L.N., WINGFIELD M.J. 2015. Changes in planted forests and future global implications. *Forest Ecology and Management* 352: 57–67. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.021>.

PROTASOVA A., BLUMBERG D., BRAND D., LA SALLE J., MENDEL Z. 2007. *Biological Control* of the *Eucalyptus* gall wasp *Ophelimus maskelli* (Ashmead): Taxonomy and biology of the parasitoid species *Closterocerus chamaeleon* (Girault), with information on its establishment in Israel. *Biological Control* 42 (2): 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.05.002>.

SANTADINO M., BRENTASSI M.E. FANELLO D.D., COVIELLA C. 2017. First Evidence of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) Feeding From Mesophyll of *Eucalyptus* Leaves. *Environmental Entomology*: nvw163. <https://doi.org/10.1093/ee/nvw163>.

SOPOW S., GEORGE S., WARD N. 2012. Bronze bug, *Thaumastocoris peregrinus*: A new *Eucalyptus* pest in New Zealand. *Surveillance* 39 (2): 43–46.

SOUZA A.R. DE, CANDELARIA M.C., BARBOSA L.R., WILCKEN C.F., CAMPOS J.M., SERRÃO J.E., ZANUNCIO J.C. 2016. Longevity of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), with various honey concentrations and at several temperatures. *Florida Entomologist* 99 (1): 33–37. <https://doi.org/10.1653/024.099.0107>.

VELIKOVA V., LORETO F., BRILLI F., STEFANOV D., YORDANOV I. 2008. Characterization of juvenile and adult leaves of *Eucalyptus globulus* showing distinct heteroblastic development: photosynthesis and volatile isoprenoids. *Plant Biology* 10 (1): 55–64.

WILCKEN C.F., SOLIMAN E.P., DE SÁ L.A.N., BARBOSA L.R., DIAS T.K.R., FERREIRA-FILHO P.J., OLIVEIRA R.J.R. 2010. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution. *Journal of Plant Protection Research* 50 (2): 201–205.

WINGFIELD M.J., ROUX J., SLIPPERS B., HURLEY B.P., GARNAS J., MYBURG A.A., WINGFIELD B.D. 2013. Established and new technologies reduce increasing pest and pathogen threats to Eucalypt plantations. *Forest Ecology and Management* 301: 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.002>

WINGFIELD M.J., SLIPPERS B., HURLEY B., COUTINHO T., WINGFIELD B., ROUX J. 2008. Eucalypt pests and diseases: growing threats to plantation productivity. *Southern Forests: a Journal of Forest Science* 70 (2): 139–144. <https://doi.org/10.2989/SOUTH.FOR.2008.70.2.9.537>

2. Proyecto: “Nivelación de las capacidades regionales para el control biológico de la chinche del eucalipto”. El desarrollo de redes de cooperación para la solución de un problema regional

Project: “Nivelación de las capacidades regionales para el control biológico de la chinche del eucalipto”. Developing cooperation networks towards the solution of a regional problem.

Leonardo Barbosa², Eduardo Botto³ y Gonzalo Martínez⁴

RESUMEN

Luego de la aparición de la chinche del eucalipto en la región sudamericana, un grupo de investigadores comenzaron contactos binacionales en la búsqueda de cooperación para el desarrollo de medidas de manejo para esta plaga forestal. Entre 2008 y 2010 tuvieron lugar una serie de reuniones en Argentina, Brasil y Uruguay que culminaron con la consolidación de un proyecto cooperativo en el marco de PROCISUR. El objetivo de dicho proyecto el establecimiento del controlador biológico *Cleruchoidea noackae* en los países de la región y el intercambio de metodologías para su cría y liberación. De esta manera se introdujo el parasitoide desde Brasil a Uruguay y de este país a Argentina. El proyecto permitió la generación una red regional de investigadores en sanidad forestal. Presentamos aquí la evolución del proyecto y recomendaciones a futuro.

ABSTRACT

After the record of the bronze bug in the Southamerican region, a group of researchers started a series of binational meetings, in the search for collaboration towards the development of management techniques for this pest. Between 2008 and 2010 a series of meetings were hold in Argentina, Brasil and Uruguay ending up with the

consolidation of a cooperative project within the framework of the PROCISUR. The main goal of such project was the establishment of the *Biological Control* agent *Cleruchoidea noackae* in the region and the exchange of rearing and release methodology among the research teams involved. Thus, the parasitoid was introduced in Uruguay from Brasil, and later in Argentina from Uruguay. The project also possibilitates the creation of a regional network of researchers on forestry health. Here, we present the evolution of the project and we give some future recommendations.

Palabras clave/Keywords:

COSAVE, *Eucalyptus*, PROCISUR, .

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue el resultado de la conjunción de esfuerzos a nivel de academia, sector público y privado de la región COSAVE. Los autores agradecen la participación de las autoridades de COSAVE de cada país, al PROCISUR por ofrecer un ámbito en el cual cristalizar la participación, a los socios de los INIAs en diferentes países de la región (en particular a UdelaR, UNESP, UNLu y UACH) y al sector privado, especialmente a la AFoA (Argentina), el IPEF (Brasil) y la SPF (Argentina).

² Dr. Leonardo Barbosa. EMBRAPA Florestas (Brasil)

³ Dr. Eduardo N. Botto. INTA(r) (Argentina)

⁴ Dr. Gonzalo Martínez Crosa. INIA (Uruguay)

INTRODUCCIÓN

Panorama de la producción forestal en la región.

El Cono Sur Latinoamericano es líder en plantaciones forestales de alta productividad. Argentina, Brasil, Chile y Uruguay poseen el 78 % de los bosques plantados de la región (aproximadamente 10 millones de hectáreas). El desarrollo de las plantaciones, liderado por el sector privado, es apoyado por los gobiernos a través de políticas favorables e incentivos financieros. Estos factores han convertido al Cono Sur Latinoamericano en el destino principal de inversiones de productores de pasta de celulosa y papel de la región y de otras partes del mundo (Cuadro 1). La producción forestal en la región se caracteriza por la utilización de tecnologías de mejora de la productividad como la propagación por clones o el uso de especies de rápido crecimiento, acompañadas de un manejo intensivo, así como la integración de la cadena productiva desde la plantación a la producción de pasta, papel y paneles (FAO - Forestry Department, 2009). Se prevé un aumento del volumen de producción para el 2020, en virtud de la disponibilidad de tierras aptas para la forestación y la existencia de un clima favorable a las inversiones que posibilitarán el mantenimiento de la ventaja comparativa en la actividad forestal basada en plantaciones.

La mayor parte de la producción se exporta. El valor neto de las exportaciones de todos los productos superó los 7.000 millones de USD en 2005. Sin embargo, ha disminuido recientemente como consecuencia de la apreciación de las divisas sudamericanas frente al dólar estadounidense y del aumento de la competencia de China, en especial en lo relativo a los muebles y a los paneles. Los programas de fomento de las exportaciones continuarán promoviendo la producción de papel y de embalajes. La contribución de la región al mercado mundial de productos de pasta y papel aumentará, en particular con el continuo decrecimiento de las inversiones en Europa y América del Norte y el traslado de las industrias de productos madereros a regiones que

cuentan con ventajas competitivas. Las ventajas de América del Sur incluyen un clima de inversión estable, baja densidad de población, condiciones favorables para el crecimiento de los árboles y una notable capacidad técnica. Consecuentemente, los costos de la fibra maderera de América del Sur se encuentran entre los más reducidos del mundo (PWC, 2010).

Argentina cuenta con una superficie forestal superior al millón de hectáreas con especies introducidas de rápido crecimiento. Esta superficie está compuesta en un 60% por especies coníferas, 25% por eucaliptos, 10% de salicáceas y el resto por otras especies latifoliadas. La tasa anual de plantación se estima en 50.000 ha, gran parte de las cuales se lleva a cabo en el marco del sistema de promoción de la inversión en bosques cultivados (leyes 25.080 y 26.432). Se promueve además la producción de madera de calidad, mediante aportes no reintegrables para la realización de podas y raleos, lo cual posiciona al país en una condición ideal para dar mayor valor agregado a los productos sólidos de la madera. La plantación de eucaliptos ha incrementado notoriamente su importancia en los últimos años, ligado a una mayor inserción en el mercado externo y actualmente abarca una superficie superior a las 200.000 ha (Schlichter *et al.*, 2012). Aparejado a este crecimiento se ha reportado un aumento en la entrada de organismos exóticos que causan daño a las plantaciones (Cuello *et al.*, 2014).

El sector forestal brasileño dedicado a los bosques plantados es de gran importancia socioeconómica y ambiental. La cadena forestal genera una gran diversidad de productos en los segmentos industriales de papel y celulosa, paneles de madera industrializada, madera procesada mecánicamente, siderurgia a base de carbón vegetal y biomasa, entre otros (ABRAF, 2013). Las plantaciones forestales de eucalipto representan el 72,0% del área total de plantaciones forestales. En 2013, alcanzaron 5,4 millones de hectáreas, lo cual representó un crecimiento del 3,2% (169.012 ha) frente al indicador de 2012 (IBÁ, 2014). Estas plantaciones de eucalipto son consideradas de alta productividad, y cada

año presentan ganancias significativas en el incremento medio anual (IMA). En la última investigación realizada por la ABRAF entre sus empresas asociadas, se registró que la productividad media de las plantaciones de *Eucalyptus* en función del área plantada, que era de 39,4m³/ha/año en 2006, alcanzó 40,7 m³/ha/año en 2012 (ABRAF, 2013). Por lo tanto cualquier factor que comprometa la expansión del cultivo de eucalipto o que reduzca su productividad causará un impacto significativo en la economía forestal.

Uruguay experimentó un rápido crecimiento del área forestada a partir de la Ley Forestal 15.939 de 1988. Entre esta fecha y 2011 el área destinada a plantaciones creció en un 1000 % (Balparda, 2016) y supera actualmente el millón de ha plantadas, fundamentalmente con plantaciones monoespecíficas de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*. Si bien los principales destinos de producción son pulpa para papel y madera, el uso de biomasa forestal con fines energéticos es una alternativa de creciente uso.

Cuadro 1. Forestación en el cono Sur latinoamericano.

	Argentina	Brasil	Chile	Uruguay	Paraguay
Cobertura vegetal (Millones de Ha)	39	519	19	2	24
% del territorio cubierto	14	62	26	10	61
% de bosque primario	6	92	27	18	11
% de bosque regenerado	89	1	58	26	89
% de plantaciones	5	7	15	56	<1
% del PBI	0.5	1.1	3.3	1.8	2.9
% de emisión de gases de invernadero	14.3	20.3	-7.8	-135.9	63.7

Fuente: "Index | Global Forest Watch," <http://www.globalforestwatch.org/> (acceso 12/12/2016).

Sanidad forestal en la región

Como consecuencia del crecimiento explosivo del área plantada, del aumento en el tránsito de productos forestales y el cambio climático, los problemas sanitarios forestales se han agudizado en la última década en el mundo (Paine *et al.*, 2011) y la región se ha sumado a esa tendencia. A modo de ejemplo, sólo en Uruguay y Argentina más

de dos tercios de los insectos dañinos para las plantaciones de *Eucalyptus* ingresaron al país en las últimas dos décadas (Figura 1). En Brasil, al fenómeno de recrudescimiento de plagas por invasiones desde los centros de origen se debe sumar un importante aporte de especies nativas de mirtáceas sudamericanas que han colonizado las plantaciones de *Eucalyptus* (Paine *et al.*, 2011).

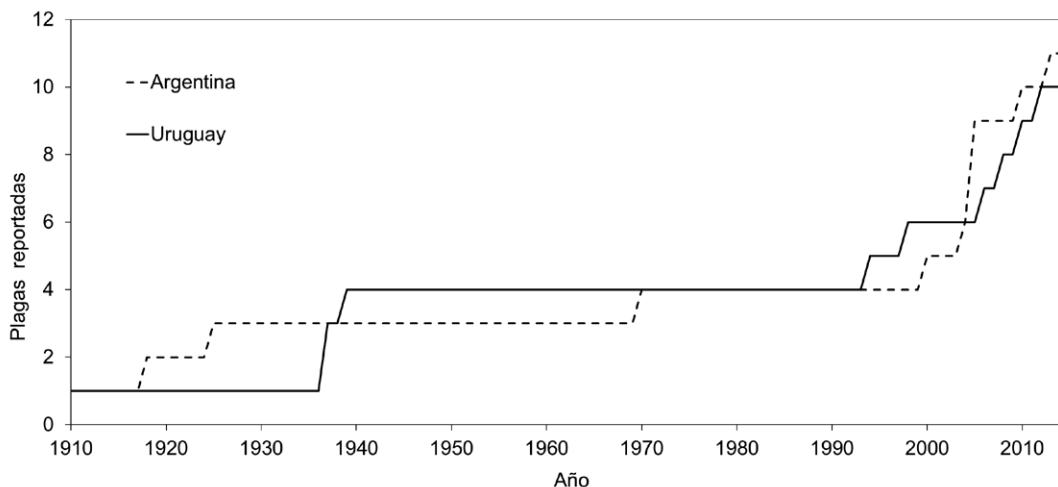


Figura 1. Evolución del número de insectos plaga reportados para *Eucalyptus* spp. en Uruguay y Argentina. Fuentes: Botto *et al.*, 2013; Martínez, 2010

El manejo coordinado a nivel regional de plagas emergentes constituye el camino más conveniente para el abordaje de estas problemáticas fitosanitarias. La lucha contra la avispa de la madera del pino, *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae), constituye un buen ejemplo. Esta plaga originaria de Eurasia invadió Sudamérica a partir de la década de los 80, ocasionando pérdidas importantes (superando en muchos casos el 50 % de mortalidad en plantaciones). A nivel del Cono Sur se realizaron esfuerzos para diagramar políticas conjuntas para su manejo. Desde inicios de la década del 90 Argentina, Brasil, Chile y Uruguay han cooperado activamente para evitar la dispersión de esta especie. Se suscribieron acuerdos de colaboración entre SENASA-EMBRAPA-INTA y SENASA-SAG-INTA entre 1995-1996 que incluyeron el monitoreo y determinación del "status poblacional de la plaga" así como una estrategia de control a nivel regional basada en el control biológico de *S. noctilio* mediante el empleo del nematodo *Deladenus (=Beddingia) siricidicola* y su complemento con el empleo de los parasitoides introducidos *Megarhyssa nortoni* y *Rhyssa persuasoria*. Estas acciones fueron posteriormente reforzadas a nivel regional con la firma en 2001 de un Plan Binacional de Contingencia entre el SAG y el SENASA. El papel de EMBRAPA respecto de la cría, multiplicación y utilización del nematodo fue de importancia

fundamental durante las primeras etapas del manejo de esta plaga. Esto sumado a las acciones conjuntas desarrolladas por diversas instituciones en Argentina, Chile y Uruguay permitió atenuar el impacto económico negativo de *S. noctilio* en la región.

Las características ecológicas de la producción forestal, en términos de escala, tiempos de rotación y extensión espacial, las crecientes exigencias de las agencias de certificación forestal y la necesidad de armonizar la producción con la conservación del medio ambiente, restringen las alternativas de manejo de plagas y hacen necesario un abordaje de problemas de la sanidad específico para este sector que hoy no está disponible a nivel regional. Esto demanda entre otros aspectos, la necesidad de investigar sobre sistemas regionales de vigilancia sanitaria forestal, procesos cuarentenarios, cuantificación económica del impacto de las plagas y desarrollo de estrategias de manejo integrado de las mismas. Particularmente, los procesos de importación, cuarentena, multiplicación y colonización de los agentes de control biológico para las plagas emergentes podrían beneficiarse enormemente si se empleara una estrategia coordinada a nivel regional. Este tema se ha abordado en el pasado en el contexto del Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur (COSAVE) organismo

regional con competencia en políticas fitosanitarias en el contexto del CIPF. En este organismo opera un grupo de trabajo ad hoc en sanidad forestal (Fonalleras, 2012).

La chinche del eucalipto

En el año 2000, dos especies de eucalipto comunes en el ornato público de Sydney, *Eucalyptus nicholii* y *E. scoparia*, mostraron daños en el follaje asociados a grandes infestaciones de una pequeña chinche de color marrón. La Dra. Anne Noack inicia una investigación en 2001 en la Universidad de Sydney con el objetivo de identificar la especie causante de los brotes epidémicos y proponer estrategias de manejo (Noack,). En ese momento al insecto causante se le identifica como *Thaumastocoris australicus* aunque se indica que podría tratarse de un grupo de especies, algunas de las cuales podrían no estar aún descritas.

En 2003, poblaciones de este insecto son detectadas por primera vez atacando plantaciones comerciales de eucaliptos en Sudáfrica. A partir de Sudáfrica, la chinche del eucalipto comienza a dispersarse por el continente africano y alcanza rápidamente países limítrofes (Jacob & Neser, 2005; Nadel & Noack, 2012).

El año 2005 marca el inicio de la invasión de la chinche del eucalipto a Sudamérica. En ese año es reportado por primera vez en Argentina, todavía descrito como *T. australicus* (Noack & Coviella, 2006). A partir del estudio de individuos en Argentina se describe una nueva especie, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapè, la cual se identifica como la principal responsable de los brotes epidémicos de Sydney y la única presente en las invasiones a los continentes africano y sudamericano (Carpintero & Dellapé, 2006). Una posterior revisión taxonómica describe nueve especies nuevas y eleva a 14 el número total de especies descritas para el género (Noack *et al.*, 2011). Por otra parte Nadel *et al.* (2010) determinan que la población sudamericana no sólo corresponde a una especie sino también a un único haplotipo mitocondrial, diferente de los presentes en

África, por lo que se sugiere que el avance en Sudamérica se dio a partir de un único evento de invasión desde Australia, el centro de origen de la especie.

En la Argentina, tras su detección en 2005, *T. peregrinus* se dispersó rápidamente hacia las diferentes zonas de producción de eucaliptos del país (ej., Mesopotamia) afectando a la mayoría de las especies comerciales. El carácter invasivo de esta plaga exótica, la carencia de enemigos naturales específicos, factores ambientales favorables y una intensa actividad antrópica ligada a la foresto-industria de eucaliptos, fueron las principales causas para favorecer la rápida dispersión de esta especie. Entre 2006-2012, a los efectos de evaluar el impacto de esta plaga a nivel de plantaciones comerciales de eucaliptos (*E. grandis*; *E. camaldulensis*), se implementó una red de monitoreo mediante el empleo de trampas amarillas, en las provincias de Corrientes y Entre Ríos (Mesopotamia). Participaron de estas acciones el INTA y la COFRU (Consorcio Forestal del Rio Uruguay).

En Uruguay los primeros ejemplares de la chinche del eucalipto son colectados en cortinas de eucaliptos colorados (*E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e híbridos de estas especies) en las afueras de la ciudad de Tacuarembó en 2008 (Martínez & Bianchi, 2010). En 2009 se establece una red de monitoreo con trampas amarillas la cual confirma la presencia de este insecto en todo el territorio nacional (Bianchi *et al.*, 2008).

En Brasil, la chinche del eucalipto es detectada por primera vez en São Francisco de Assis, Rio Grande do Sul, en mayo de 2008 lo cual sugiere que su introducción al país probablemente ocurrió por dispersión natural del insecto a partir de poblaciones de Argentina y Uruguay. Luego de su detección el insecto se dispersa rápidamente con presencia registrada en los Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, Espírito Santo, Bahia y Goiás (Wilcken *et al.*, 2010; Savaris *et al.*, 2011; Barbosa *et al.*, 2012; Pereira *et al.*, 2013)

La presencia de la chinche del eucalipto en Chile es reportada por primera vez en junio de 2009, como resultado del Programa de Vigilancia Forestal del SAG. Se instalan trampas amarillas pegajosas en la región Metropolitana, comuna de Til-Til, y en la región de Valparaíso, y se realiza una prospección nacional que abarca las regiones con plantaciones comerciales de eucaliptos. Como resultado de esta prospección se detectan nueve puntos con presencia de la chinche en la región Metropolitana y uno en la región de Valparaíso (Ide *et al.*, 2011).

En Paraguay se registra a fines de 2010 la presencia de la chinche en material vegetal proveniente de una plantación de *E. camaldulensis* ubicada en la localidad de Caaguazú. Este registro se da simultáneamente con el primer registro del psílido de lerp *Glycaspis brimblecombei* otra importante plaga del sector eucaliptero (Benítez Díaz *et al.*, 2013).

En 2012 se registran dos nuevas dispersiones del insecto en el mundo que alcanza a Nueva Zelandia e ingresa a Europa donde es detectada en cortinas de Eucaliptos en Italia (Laudonia & Sasso, 2012; Sopow *et al.*, 2012). En los últimos años ha arribado también a Portugal (García *et al.*, 2013) y ha sido detectado en Israel (Novoselsky & Freidberg, 2016), en México (Jiménez-Quiroz *et al.*, 2016) y en Albania (Heyden, 2017) por lo que las plantaciones del lejano oriente serían las únicas sin presencia de este insecto a la fecha.

La chinche de los eucaliptos es un insecto de tamaño pequeño (1-4 mm) que se alimenta por succión de hojas adultas de árboles pertenecientes al género *Eucalyptus*. El síntoma

más característico es el blanqueamiento y/o bronceado de las hojas, que posteriormente se secan y caen. Este bronceado es resultado del daño provocado por la alimentación, el cual produce la destrucción de los fotosistemas y ocasiona una pérdida de la capacidad fotosintética del vegetal. Como signos adicionales pueden verse las oviposturas de color negro, generalmente en parches, así como las deyecciones y la presencia directa de insectos. La dinámica poblacional de esta chinche aún no ha sido totalmente comprendida pero bajo determinadas circunstancias es capaz de generar brotes epidémicos, los cuales en la región han sido reportados en, Argentina, Brasil y Uruguay. El método de control más conocido a la fecha es el uso de un agente de control biológico, la avispa parasitoide *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) que fue registrada por primera vez en colonias de cría de *Thaumastocoris* spp. en Australia (Lin *et al.*, 2007).

Hacia un proyecto cooperativo regional

A partir del ingreso de la chinche del eucalipto en la región, un grupo de investigadores, productores y representantes de los diferentes niveles de gobierno se contactaron con el objetivo de generar una instancia de diálogo y participación de cara a la búsqueda de soluciones a este problema. Se propuso entonces coordinar la investigación a nivel regional y articular el manejo integrado de la chinche de los eucaliptos, particularmente en los aspectos relacionados a la importación y liberación del agente de control biológico *C. noackae*. Se hizo énfasis en el trabajo en red para agilizar la toma de decisiones con respecto a su liberación a través del aporte

de información regional tanto a las ONPF como al COSAVE, además de optimizar el uso de los recursos humanos, económicos e institucionales abocados a esta tarea. En los párrafos siguientes se relatan las instancias iniciales que llevaron a la formulación del proyecto cooperativo.

A raíz del ingreso de *T. peregrinus* a Uruguay se iniciaron contactos entre los investigadores de este país y Argentina. En mayo de 2008 se realizó una primera reunión de trabajo en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA en Concordia, Argentina. En esta reunión participaron, además de representantes de INTA

e INIA, miembros del sector académico y de empresas forestales (Cuadro 2). Se resolvió conformar un Grupo de Trabajo para el control de *Thaumastocoris peregrinus* (formado inicialmente por Uruguay y Argentina con la eventual inclusión de los restantes países de la región). Se fijó como objetivo general del grupo de trabajo la coordinación de esfuerzos relativos a limitar la dispersión, reducir densidades poblacionales y lograr el control a largo plazo de la infestación de *T. peregrinus* en la región. En este sentido se acordaron metodologías similares para el monitoreo del avance de la plaga y se discutió una estrategia para la importación del ACB.

Cuadro 2. Asistentes a la Reunión de trabajo en EEA INTA Concordia (29 y 30 de mayo de 2008).

Representante	Institución	País
Eduardo Botto	INTA Castelar	Argentina
Diana Díaz	INTA Concordia	Argentina
Juan Pedro Bouvet	INTA Concordia	Argentina
Carlos Coviella	UNLu	Argentina
Marina Santadino	UNLu	Argentina
María O'Neill	COFUSA	Uruguay
Pedro Ochoa	COFUSA	Uruguay
Alejandro González	ENCE – Eufores	Uruguay
Diego Carrau	ENCE – Eufores	Uruguay
Gonzalo Martínez Crosa	INIA Tacuarembó	Uruguay
Gustavo Balmelli	INIA Tacuarembó	Uruguay

En Octubre de ese mismo año, en el marco de las “XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos” se realizó la reunión técnica “Desarrollo de acciones conjuntas para el manejo integrado de la chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* n. sp. Carpintero y Dellapé. 2006, en el cono sur Sudamericano”. En esta oportunidad se amplió el marco

de representantes y se incluyó la participación de miembros de la academia de Brasil y Sudáfrica (Cuadro 3). Se compartieron los esfuerzos realizados y se acordó afianzar las propuestas de Manejo Integrado establecidas por el Grupo de Trabajo para el control de *Thaumastocoris peregrinus* y extenderlas a nivel del Cono Sur de América Latina.

Cuadro 3. Asistentes a la reunión: Desarrollo de acciones conjuntas para el manejo integrado de la chinche del eucalipto en el cono sur Sudamericano.

Representante	Institución	País
Alejandro Giudici	AFoA (Argentina)	Argentina
Federico Larrocca	COFRU (Argentina),	Argentina
Ermela Aguer	Dirección de Forestación. Entre Ríos (Argentina)	Argentina
Raúl Villaverde	Dirección de Forestación. Entre Ríos (Argentina)	Argentina
Carlos Jacobo	Dirección de Recursos Forestales. Corrientes	Argentina
Orlando Villalba	Dirección de Recursos Forestales. Corrientes	Argentina
Lucas Landi	INTA Castelar	Argentina
Eduardo Botto	INTA Castelar	Argentina
Diana Díaz	INTA Concordia	Argentina
Leonel Harrant	INTA Concordia	Argentina
Sergio Ramos	INTA Concordia	Argentina
Edgar Eskiviski	INTA Montecarlo	Argentina
Fernando Dalla Tea	MASISA	Argentina
José Luis Darraidou	PROSAP, SAGPyA	Argentina
Laura Maly	SENASA	Argentina
Marian Pombo	SENASA	Argentina
Carlos Coviella	Universidad de Luján	Argentina
Carlos Wilcken	UNESP / IPEF	Brasil
Bernard Slippers	FABI	Sudáfrica
Daniel Ramírez Le Feuvre	Cambium	Uruguay
María O'Neill	COFUSA	Uruguay
Carlos Mantero	DGF-MGAP	Uruguay
Ines Ares	DGSA- MGAP	Uruguay
Alejandro González	ENCE – Eufores	Uruguay
Diego Carrau	ENCE – Eufores	Uruguay
Gabriel Algorta	ENCE – Eufores	Uruguay
Gonzalo Martínez Crosa	INIA Tacuarembó	Uruguay

En setiembre de 2009, el IPEF, con el apoyo de Aracruz, VCP-RS y Stora-Enso, realizó una reunión extraordinaria del PROTEF (Programa de protección forestal de IPEF) con el título “Avanço do percevejo bronzeado pelo Brasil e Uruguai”, en la ciudad de Guaíba (Rio Grande do Sul, Figura 2) en la

cual se presentaron nuevos resultados de la investigación en la región. A esta reunión concurren delegaciones de los INIA de la región los cuales acordaron comenzar la redacción de una propuesta de investigación conjunta para presentar ante PROCISUR.



Figura 2. Reunión extraordinaria del PROTEF: “Avanço do percevejo bronzeado pelo Brasil e Uruguai”. Guaíba (Rio Grande do Sul, Brasil).

Dos meses más tarde, el 5 de noviembre de 2009 se concretó la primera reunión convocada en el seno de PROCISUR, en el Hotel Kolping de la ciudad de Montevideo y de allí surgió el primer borrador de proyecto cooperativo. Esta reunión contó con la presencia de representantes de los INIAs, de la academia y de los productores de Argentina, Brasil y Uruguay. Del diálogo entre estos actores surgieron varios puntos de discusión, entre ellos: la necesidad de una cuantificación económica de los daños y de contar con una medición estandarizada de los daños en la

región; la posibilidad de instalar redes de ensayo a escala regional; la importancia de contar con una estrategia de comunicación común que incluyera a Gobiernos y productores. Se propuso la creación de listas o grupos de correo.

El proyecto finalmente quedó oficializado en noviembre de 2010 en el Taller: “Oportunidades de cooperación en investigación forestal, hacia una agenda regional”, el cual se realizó en el Hotel NH Columbia de Montevideo (Figura 3).



Figura 3. Taller: “Oportunidades de cooperación en investigación forestal, hacia una agenda regional” Con representantes del sector público y privado de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. Montevideo (Uruguay).

Características y principales productos del Proyecto

El Cuadro 4 resume los aspectos operativos y programáticos del proyecto. A continuación se enumeran sus principales productos.

Cuadro 4. Características del proyecto “Nivelación de las capacidades regionales para el control biológico de la chinche del eucalipto”.

Duración	- Noviembre 2010 a noviembre de 2014
Objetivo General	- Aportes a la implementación del control biológico de la chinche del eucalipto en la región
Objetivos específicos	- Intercambiar conocimientos y experiencias existentes sobre la cría de la chinche y su controlador en laboratorio
	- Introducir el controlador biológico de la chinche en la región
Actividades	- Reuniones de coordinación
	- Capacitación específica a través de pasantías entre científicos y funcionarios de las ONPF
	- Implementar metodologías de cría de <i>T. peregrinus</i>
	- Introducción, cría y liberación de <i>C. noackae</i>

Alianzas interinstitucionales

El proyecto habilitó un espacio de convergencia entre las instituciones de investigación, las empresas privadas y los organis-

mos de protección fitosanitaria en torno a una problemática común, como base para la construcción de una estructura permanente de coordinación de actividades de investigación (Figura 4).

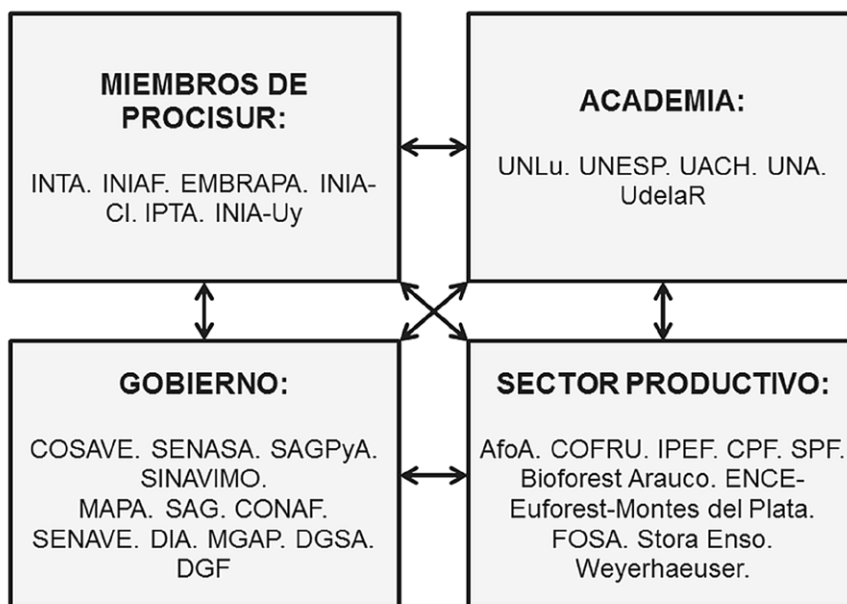


Figura 4. Red de actores establecida en el marco del Proyecto.

Particular atención merece la interacción con el Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur (COSAVE) con el cual, luego de una serie de reuniones en Chile, Argentina y Uruguay se decidió articular la presente propuesta con el "Plan Regional de Vigilancia y control biológico de la chinche de los eucaliptos". En el marco de esta articulación el grupo de investigadores que participan en el Proyecto Cooperativo de PROCISUR se compromete a realizar un informe técnico considerando toda la información sobre vigilancia que han generado los países hasta el presente.

Protocolos establecidos (cría, monitoreo, multiplicación)

En base a la experiencia compartida por los investigadores involucrados en el proyecto se generaron y validaron protocolos para el

monitoreo y la cría de la chinche del eucalipto y su controlador. En esta Serie técnica se presenta un protocolo de cría para la chinche y otro para su controlador que fueron elaborados con base en ese intercambio regional.

Introducción del parasitoide y transferencia entre las partes

Cleruchoides noackae fue introducido por primera vez a América del Sur en 2010 a la cuarentena del SAG en Chile (SAG, 2010). Chile no realizó una colonia permanente de cría sino que liberó buena parte de los individuos una vez confirmada su identidad y su estatus sanitario, y cumplidas los requerimientos del análisis de riesgo. Misiones de Argentina y Brasil acudieron al SAG durante el proceso de internación en cuarentena y liberación para aprender de la experiencia chilena (Figura 5).



Figura 5. Visita de misión de Brasil a la cuarentena del SAG (Julio de 2011). De izquierda a derecha: Dr. Carlos Wilcken (IPEF-PROTEF), Dr. Luiz de Sá (EMBRAPA), Dr. Leonardo Barbosa (EMBRAPA).

En 2011 se produce la primera de una serie de cinco introducciones desde Australia a la cuarentena de EMBRAPA en Jaguariúna, Brasil. A su vez, entre Argentina y Uruguay se coordinan en el 2012 actividades conjuntas con el propósito de importar al parasitoide *C. noackae* desde Australia (Universidad de Sidney, Dra. Ann Noack). El biocontrolador

sería multiplicado en la Cuarentena del INTA Castelar y una vez superado los requisitos cuarentenarios se procedería a su colonización en los respectivos países. Lamentablemente problemas ambientales en Australia, país proveedor de *C. noackae* determinaron que esta introducción no pudiera concretarse en los tiempos convenidos.

Una vez que se estableció una colonia de cría de *C. noackae* en la sede de EMBRAPA en Colombo (PR) se acordó una visita de INIA Uruguay a este establecimiento en el marco del proyecto PROCISUR. Dicha visita se realizó en diciembre de 2012. La delegación uruguaya retornó una vez más a EMBRAPA luego de aprobados los trámites de importación correspondientes y en esa ocasión se realizó

la multiplicación de la novena generación en territorio brasileño y parte de esos pies de cría fueron introducidos al laboratorio de entomología de INIA en Tacuarembó. A partir de esa cría se realizó una primera liberación en Uruguay el 25 de febrero de 2013, con la presencia de autoridades de PROCISUR, COSAVE, MGAP, INIA, EMBRAPA, IPEF, SPF, y empresas forestales (Figura 6).



Figura 6. Primera liberación de *C. noackae* en Uruguay. De pie: Juan Lozano (INIA), Bruno Zaché (UNESP-IPEF), Leonardo Barbosa (EMBRAPA), Fernando Acle (Montes del Plata), Rossana Reyna (UPM), Gustavo Ferreira (INIA), Emilio Ruz (PROCISUR), Gonzalo Martínez (INIA), Demian Gómez (INIA), Oscar Escudero (DGF-MGAP), Carmelo Centurión (UPM). Sentados: Alejandro González (Montes del Plata), Andrea Regusci (SPF), Rosanna Leggiadro (PROCISUR), Gustavo Balmelli (INIA), Patricia Escudero (DGF-MGAP).

De modo similar y también dentro del marco de Cooperación del proyecto PROCISUR se produjo la transferencia de pies de cría de *C. noackae* desde el INIA Tacuarembó al INTA Castelar (Figura 7). Esta cooperación permitió que la Argentina pudiera multiplicar, liberar en el campo y recobrar al parasitoide entre 2014 y 2015.

En resumen, la cooperación entre EMBRAPA-INIA-INTA-SAG, respecto de estas acciones conjuntas sobre el Control Biológico de la "chinche del eucalipto", constituye un hecho de relevancia a nivel Regional que pone de manifiesto una vez más el valor estratégico de la Cooperación a Nivel Regional impulsada desde el PROCISUR.



Figura 7. Entrega de parasitoides de Uruguay a los investigadores de INTA. De izquierda a derecha: Roxana Garay (SENAVE Paraguay), Andrea Andorno (INTA Argentina), Patricia Escudero (MGAP Uruguay), Gonzalo Martínez (INIA Uruguay), Leonardo Barbosa (EMBRAPA Brasil), Eduardo Botto (INTA), Gissel Cantero (INIA), Renato Junqueira (IPEF Brasil), Andrea Regusci (SPF Uruguay).

Creación de capacidad

El Proyecto generó un ámbito de intercambio entre especialistas de la Región que operó con fluidez. Se ha puesto en circulación información sobre los expertos regionales en diferentes grupos de insectos y en diferentes disciplinas. Al menos tres doctorados se desarrollaron en temáticas asociadas al proyecto e interaccionaron dentro de este espacio, favoreciéndose de este flujo de información entre los países de la región.

Recomendaciones del proyecto

En 2014 se realizó una reunión final con las partes involucradas del proyecto donde se realizaron las siguientes observaciones y recomendaciones.

1. Relacionamiento institucional regional: El Proyecto ha contado con una activa participación de los INIAS de Uruguay Argentina y Brasil, las ONPF de la región COSAVE en el marco de la interacción con este organismo, así como de asociaciones de productores y de universidades de la región. Asimismo el desarrollo de

las actividades del proyecto se favoreció grandemente de la sinergia con el “Plan Regional de vigilancia y control de la chinche de los eucaliptos” del COSAVE. El diálogo permanente entre las ONPF y los investigadores de la región contribuyó al fortalecimiento del Plan y de este Proyecto. A los efectos de fortalecer este relacionamiento interinstitucional y salvar algunas posibles limitantes se sugieren las siguientes medidas:

- a. Chile presenta algunas particularidades en lo que refiere al sector forestal y la relación con el PROCISUR. A diferencia de los restantes países del cono sur, en Chile los asuntos relativos a la forestación han sido colocados fuera del socio PROCISUR (INIA), en instituciones creadas específicamente para el sector forestal. Si los asuntos referentes al desarrollo forestal en la región continúan siendo de interés de PROCISUR debería considerarse una participación más permanente de otras instituciones (CONAF, INFOR) en el marco de la cooperación PROCISUR a futuro.

- b. Se identifica a la Red de Recursos Genéticos del Cono Sur (REGEN-SUR) de PROCISUR como un potencial socio de cara a proyectos de sanidad a futuro.
- c. El asesoramiento de un grupo de especialistas regionales en temas sanitarios forestales es relevante a la hora de elaborar políticas sanitarias nacionales y/o regionales, y de particular importancia en este periodo de recrudescimiento de plagas a nivel global que puede redundar en el aumento de las barreras paraarancelarias al comercio de bienes y servicios forestales de la región. Se considera estratégico mantener abierto el canal de comunicación que se ha establecido entre investigadores y ONPFs a partir de este proyecto, así como promover herramientas que fortalezcan esta articulación.
- d. Creación de un portal web. Se considera que una forma de mantener el grupo trabajando podría ser mediante la creación de un portal web con información sanitaria forestal de la Región. El portal podría contener (con diferentes tipos de membresía y niveles de acceso) una lista de expertos y de capacidades nacionales en el tema sanitario forestal, una lista de proyectos de investigación, hipervínculos a las principales instituciones académicas y regulatorias nacionales y regionales y un repositorio de publicaciones, entre otras cosas.

2. Amenazas derivadas de la implementación del Convenio sobre la Diversidad Biológica: Los países de la región lo han ratificado y por lo tanto son Estados parte del CDB. Esto ha modificado sustancialmente el marco legal en lo concerniente al tránsito de organismos vivos de un país al otro. Si bien en lo referente a

la introducción y tránsito de agentes de control biológico se rige por los estándares COSAVE derivados de la implementación de las NIMF, en algunos casos se han dado interferencias entre esas normativas y el CDB, o entre los organismos nacionales con competencias en la fiscalización de las mismas, que en algunos casos ha generado dificultades para la introducción o intercambio de agentes de control biológico, especialmente cuando se trata de nuevas especies.

- e. En virtud de lo expuesto, se recomienda continuar la armonización de las normativas derivadas del CDB con los procesos de importación y tránsito de ACB entre los países de la región, de forma de fortalecer y dinamizar la implementación de programa de CB regionales para las plagas que afectan a las plantaciones forestales.

3. Agenda de nuevos temas de investigación: A continuación se listan temas identificados como relevantes por el grupo de investigadores y que podrían ser objeto de nuevas propuestas de coordinación regional en el ámbito PROCISUR u otros:

- a. Continuación del trabajo con *T. peregrinus*: Si bien se ha desarrollado conocimiento en lo referente a cría y bioecología básica, aún restan elucidar los mecanismos que median las explosiones demográficas y los procesos de selección de hospederos. Asimismo se debe continuar optimizando el control biológico de la chinche y explorar nuevas alternativas de control mediante nuevos agentes o manejo silvicultural.
- b. Agalladores invasores en eucaliptos: La última ola de invasores en eucaliptos a nivel mundial la representan organismos de pequeño tamaño con

- hábitos crípticos, fundamentalmente dentro del gremio de los agalladores (Paine *et al.*, 2011). El avance de *Leptocybe* invasiva y de *Ophelimus* sp. en la región justifica aunar esfuerzos en lo que respecta a vigilancia, monitoreo y control de estos organismos a escala regional.
- c. Escarabajos de la corteza en pinos y eucaliptos: En los últimos años se han dado en Argentina, Uruguay y Chile nuevos reportes de insectos fleófagos en coníferas y en eucaliptus (Gómez *et al.*, 2012, 2013; Gómez & Martínez, 2013). Dado que además de ser vectores de hongos manchadores de madera muchas de estas especies son cuarentenarias, es importante promover la investigación y la cooperación para mantener el estatus sanitario de la región.
- d. Especies invasoras en salicáceas: Si bien el área forestada con salicáceas es menor en la región comparada con otras especies exóticas como las coníferas y los eucaliptus, y su contribución al panorama forestal es variable entre países, se manifiesta la preocupación por un recrudescimiento de plagas invasoras también en esta familia (*Tremex* y complejo de scolitidos), y se recomienda considerar esfuerzos conjuntos a futuro.
- e. Involucramiento de fitopatólogos: El proyecto consolidó una red de investigadores en entomología forestal que continúa colaborando en diferentes temas. Se debería considerar ampliar la red de participación para incluir otros profesionales de la protección forestal. En una primera instancia, sería deseable incluir a los especialistas en enfermedades de los árboles.

REFERENCIAS

- ABRAF.** 2013. Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2012.
- BALPARDA M.** 2016. *Anuario OPyPA 2016*. MGAP - OPyPA.
- BARBOSA L.R., SANTOS F., MACHADO B.O., WILCKEN C.F., SOLIMAN E.P., ZACHÉ B.** 2012. Percevejo bronzeado do eucalipto: reconhecimento, danos e direcionamentos para o controle. *Documentos EMBRAPA* 239: 1–27.
- BENÍTEZ DÍAZ E.A., SOSA CORONEL R., GODZIEWSKI D.** 2013. Consideraciones sobre dos nuevas plagas del eucalipto en Paraguay, el psílido de la concha o escudo *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) y la chinche marrón *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Paraguay 17 (1): 72–75.
- BIANCHI M., MARTÍNEZ G., SÁNCHEZ A.** 2008. *Plan piloto de monitoreo para Thaumastocoris peregrinus en plantaciones de Eucalyptus sp. en Uruguay*. Comité Ejecutivo de Coordinación en materia de plagas y enfermedades que afectan plantaciones forestales (CECOPE), Montevideo.
- BOTTO E.N., ANDORNO A.V., CUELLO E.M., HERNÁNDEZ C.M.** 2013. Invasiones biológicas y plagas forestales: Análisis de su situación actual en la Argentina. Insectario Investigaciones Lucha Biológica. IMYZA. CICVyA. INTA Castelar.
- CARPINTERO D.L., DELLAPÉ P.M.** 2006. A new species of *Thaumastocoris* Kirkaldy from Argentina (Heteroptera: Thaumastocoridae: Thaumastocorinae). *Zootaxa* 1228: 61–68.
- CUELLO E.M., ANDORNO A.V., HERNÁNDEZ C.M., ARCIPRETE V.D., BOTTO E.N.** 2014. Primeros estudios sobre asociaciones tróficas de interés para la sanidad forestal en *Eucalyptus* spp. (Spanish). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 73 (3/4): 183–186.
- FAO - FORESTRY DEPARTMENT.** 2009. Global review of forest pests and diseases. FAO, Roma.
- FONALLERAS M.L.** 2012. COSAVE: una experiencia de integración regional. IICA, Montevideo Uruguay.
- GARCIA A., FIGUEIREDO E., VALENTE C., MONSERRAT V.J., BRANCO M.** 2013. First record of *Thaumastocoris peregrinus* in Portugal and of the neotropical predator *Hemirobius bolivari* in Europe. *Bulletin of Insectology* 66 (2): 251–256.
- GÓMEZ D., MARTÍNEZ G.** 2013. Bark beetles in pine tree plantations in Uruguay: First record of *Orthotomicus erosus* Wollaston (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *The Coleopterists Bulletin* 67 (4): 470–472.
- GÓMEZ D., MARTINEZ G., BEAVER R.A.** 2012. First Record of *Cyrtogenius luteus* (Blandford) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in the Americas and its Distribution in Uruguay. *The Coleopterists Bulletin* 66 (4): 362–364. <https://doi.org/10.1649/072.066.0414>
- GÓMEZ D., REYNA R., PÉREZ C., MARTÍNEZ G.** 2013. First Record of *Xyleborinus saxesenii* (Ratzeburg) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Uruguay. *The Coleopterists Bulletin* 67 (4): 536–538.
- HEYDEN T. VAN DER.** 2017. The first record of *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Heteroptera: Thaumastocoridae) for Albania. *Revista gacitana de Entomología VIII* (1): 133–135.
- IDE S., RUIZ C. SANDOVALA., VALENZUELA J.** 2011. Detección de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) asociado a *Eucalyptus* spp. en Chile. *Bosque* 32 (3): 309–313. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000300012>

- JACOB D.H., NESER S.** 2005. *Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Heteroptera: Thaumastocoridae): a new insect arrival in South Africa, damaging to *Eucalyptus* tree. South African Journal of Science 101: 233–236.
- JIMÉNEZ-QUIROZ E., VANEGAS-RICO J.M., MORALES-MARTÍNEZ O., LOMELI-FLORES J.R., RODRÍGUEZ-LEYVA E.** 2016. First record of the bronze bug, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae), in Mexico. Journal of Agricultural and Urban Entomology 32 (1): 35–39. <https://doi.org/10.3954/1523-5475-32.1.35>
- LAUDONIA S., SASSO R.** 2012. The bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*: a new insect recorded in Italy, damaging to *Eucalyptus* trees. Bulletin of Insectology 65 (1): 89–93.
- LIN N.Q., HUBER J.T., LA SALLE J.** 2007. The Australian genera of Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea). Zootaxa 1596: 1–111.
- MARTÍNEZ G.** 2010. Insectos plaga en plantaciones jóvenes de eucalipto: hacia un modelo. Serie Actividades de Difusión 629: 9–24.
- MARTÍNEZ G., BIANCHI M.** 2010. Primer registro para Uruguay de la chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero y Dellapé, 2006 (Heteroptera: Thaumastocoridae). Agrociencia 14 (1): 15–18.
- NADEL R.L., NOACK A.E.** 2012. Current understanding of the biology of *Thaumastocoris peregrinus* in the quest for a management strategy. International Journal of Pest Management 58 (3): 257–266. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.659228>.
- NADEL R.L., SLIPPERS B., SCHOLES M., LAWSON S., NOACK A., WILCKEN C., BOUVET J., WINGFIELD M.** 2010. DNA bar-coding reveals source and patterns of *Thaumastocoris peregrinus* invasions in South Africa and South America. Biological Invasions 12 (5): 1067–1077. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9524-2>.
- NOACK A.E.** Thaumastocoridae - An Investigation. Thaumastocoridae - Home.
- NOACK A.E., CASSIS G., ROSE H.A.** 2011. Systematic revision of *Thaumastocoris* Kirkaldy (Hemiptera: Heteroptera: Thaumastocoridae). Zootaxa 3121: 1–60.
- NOACK A.E., COVIELLA C.E.** 2006. *Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Hemiptera: Thaumastocoridae): first record of this invasive species in the Americas. General and Applied Entomology 35: 13–14.
- NOVOSELSKY T., FREIDBERG A.** 2016. First record of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) in the Middle East, with biological notes on its relations with *Eucalyptus* trees. Israel Journal of entomology 46: 43–55.
- PAINÉ T.D., STEINBAUER M.J., LAWSON S.A.** 2011. Native and exotic pests of *Eucalyptus*: A worldwide perspective. Annual Review of Entomology 56: 181–201. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-110610-140444>
- PEREIRA J.M., CAMPOS DE MELO A.P., FERNANDES P.M., SOLIMAN E.P.** 2013. Ocorrência de *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera:Thaumastocoridae) no Estado de Goiás. Ciência Rural 43 (2): 254–257.
- PWC.** 2010. Forest, paper and packaging deals: Branching out–2010 annual review. Price Waterhouse Coopers.

SAG. 2010. SAG :: - SAG libera controlador biológico del chinche del eucalipto.

SAVARIS M., LAMPERT S., PEREIRA P.R.V. DA S., SALVADORI J.R. 2011. Primeiro registro de *Thaumastocoris peregrinus* para o estado de Santa Catarina, e novas áreas de ocorrência para o Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural* 41 (11): 1874–1876. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001100004>

SCHLICHTER T., DÍAZ D., FAHLER J., LACLAU P. 2012. *Aportes a una política forestal en Argentina en el siglo XXI: el sector foresta y el desarrollo económico, ambiental y social del país*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Unidad para el Cambio Rural, Buenos Aires.

SOPOW S., GEORGE S., WARD N. 2012. Bronze bug, *Thaumastocoris peregrinus*: A new *Eucalyptus* pest in New Zealand. *Surveillance* 39 (2): 43–46.

WILCKEN C.F., SOLIMAN E.P., DE SÁ L.A.N., BARBOSA L.R., DIAS T.K.R., FERREIRA-FILHO P.J., OLIVEIRA R.J.R. 2010. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution. *Journal of Plant Protection Research* 50 (2): 201–205.

3. Dos protocolos de cría para la chinche del *Eucalipto*

Two rearing protocols for the bronze bug

Leonardo Barbosa⁵, Gissel Cantero⁶ & Gonzalo Martínez Crosa⁷

RESUMEN

La chinche del eucalipto *Thaumastocoris peregrinus* es una importante plaga emergente en plantaciones de *Eucalyptus* en todo el mundo. El establecimiento de protocolos de cría eficaces es fundamental para la investigación sobre la biología y ecología de este insecto. Presentamos dos estrategias de cría para este insecto, ambas destinadas a la producción de huevos frescos para su principal controlador biológico, la avispa parasitoide *Cleruchoides noackae*, como requisito para un programa de control biológico. El primer protocolo está pensado para la producción masiva de huevos en condiciones semi controladas. El segundo protocolo también permite la producción de huevos en una escala mediana y permite el seguimiento de sus parámetros de calidad. Se describe el ciclo biológico en las condiciones de cría del segundo protocolo. Este documento puede ser usado como material de consulta por estudiantes y técnicos forestales.

Palabras clave:

Control biológico, *Thaumastocoris peregrinus*, *Cleruchoides noackae*, tabla de vida, *Eucalyptus*.

ABSTRACT

The bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* is an important emergent pest in *Eucalyptus*

plantations worldwide. The establishment of efficient rearing protocols is fundamental for the research on the biology and ecology of this insect. We present two rearing strategies developed for this insect, both aimed at producing fresh eggs for its main *Biological Control* agent, the parasitoid wasp *Cleruchoides noackae*, as first requisite towards a *Biological Control* programme for the bronze bug. The first protocol is made for the mass rearing in semi-controlled conditions. The second rearing allows for the production of eggs at a médium scale, as well as the monitoring of quality parameters within the rearing colony. Life cycle in the rearing conditions of the second protocol are shown. This document can be used as a reference material by students and forestry technicians.

Keywords:

Biological Control biológico, *Thaumastocoris peregrinus*, *Cleruchoides noackae*, lifetable, *Eucalyptus*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto cooperativo "Nivelación de las capacidades regionales para el control biológico de la chinche del eucalipto" de PROCISUR y se presenta en acuerdo con los compromisos asumidos con CO-SAVE.

⁵ Dr Leonardo Barbosa. EMBRAPA Florestas. Colombo, PR. Brasil

⁶ Tec Agr Gissel Cantero. Laboratorio de Entomología. Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal. INIA. Tacuarembó.

⁷ Dr Gonzalo Martínez. Laboratorio de Entomología. Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal. INIA. Tacuarembó. gmartinez@tb.inia.org.uy

INTRODUCCIÓN

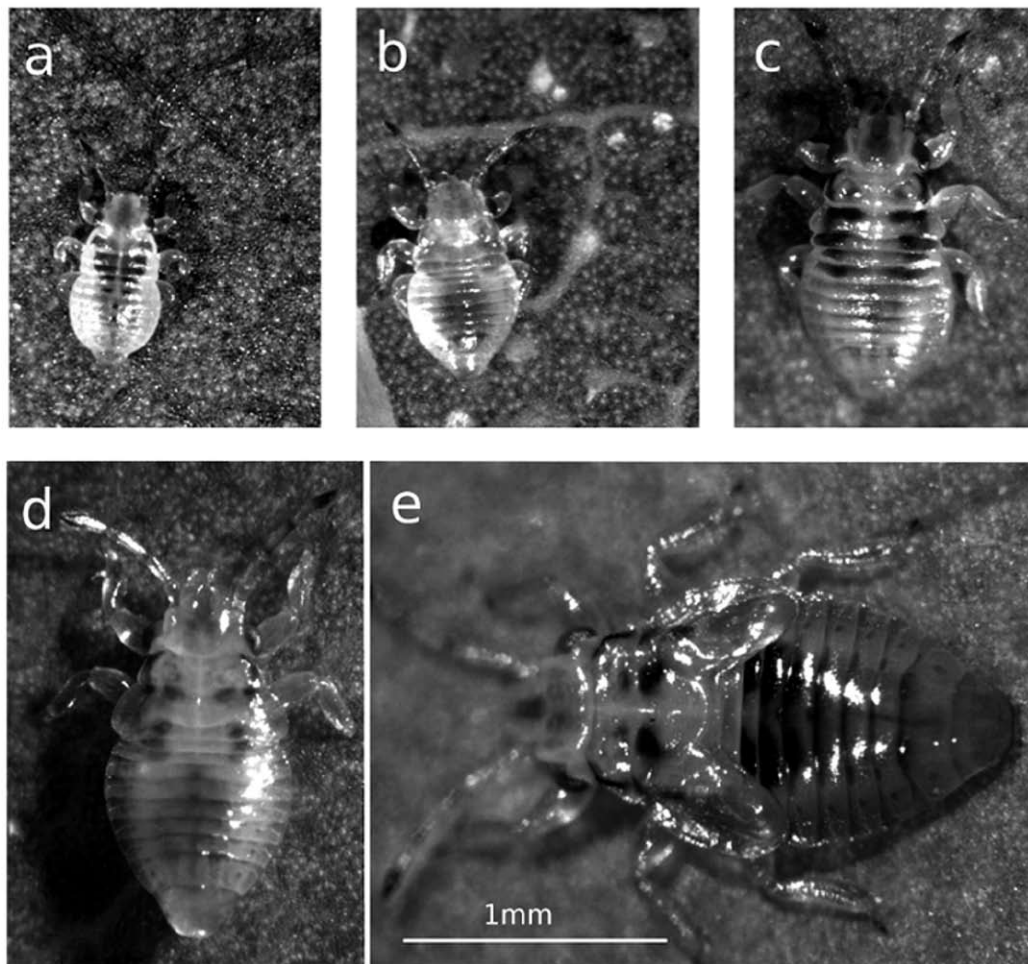


Figura 1. Instars ninfales de *Thaumastocoris peregrinus*. a. Ninfa I; b. Ninfa II; c. Ninfa III; d. Ninfa IV; e. Ninfa V (adaptado de Martínez *et al.*, 2014).

La chinche del eucalipto *Thaumastocoris peregrinus* (figura 1) es una especie relativamente nueva para la ciencia por lo que antes de desarrollar paquetes de manejo específicos es necesario conocer más acerca de su biología y ecología. Debido a esto, el desarrollo de un protocolo de cría continua se volvió desde temprano una necesidad. Contar con una cría de laboratorio para estudios de biología básica ofrece la ventaja de poder escalar la producción y ajustar la obtención de individuos de diferentes edades y

en condiciones similares, así como asegurar la sanidad de los individuos utilizados para pruebas experimentales. Por otro lado en aquellos países de la región de clima templado no es posible recuperar individuos del ambiente durante todo el año, por lo que es crucial mantener una producción continua en el laboratorio.

El primer sistema de cría descrito para este insecto involucraba el uso de secciones foliares pinchadas en alfileres entomológicos

luego colocadas en viales de polipropileno parcialmente rellenos con agua, lo cual generaba una “barrera fluida” (Noack & Rose, 2007). En forma similar Soliman *et al.* (2012) utilizaron cajas de Petri con secciones foliares flotando en agua para estimar la duración de los diferentes estadios y la fecundidad de hembras criadas sobre distintos genotipos e híbridos de *Eucalyptus*. La barrera de agua es necesaria para mantener los insectos en la sección foliar, debido a la movilidad de las ninfas. Sin embargo, el uso de cajas de Petri para producción masiva de huevos sería muy costoso en términos de trabajo, tiempo y recursos. Por otra parte la implementación del control biológico de *T. peregrinus* con la avispa parasitoide *Cleruchoides noackae* requiere una cría masiva del primero, ya que es necesario proveer a la avispa con un número importante de huevos dentro de la ventana de parasitación (Mutitu *et al.*, 2013).

En este trabajo se presentan dos metodologías de cría desarrolladas en la región, con el objetivo de ponerlas a disposición para nuevos investigadores, grupos o países que deban encarar la cría de la chinche del eucalipto o de su avispa parasitoide.

Preparación del sustrato de alimentación

En lo que refiere a la elaboración de raciones para cría, los insectos picosuctores presentan problemas particulares debido a su tipo de alimentación que restringen la posibilidad de elaborar dietas artificiales. Esto lleva a que en muchos casos deban ser criados sobre el hospedero vivo para mantener las condiciones mínimas para su supervivencia. En la cría de *T. peregrinus* se ha recurrido a discos de hoja inmersos en agua, plantines vivos o ramilletes. En ambos protocolos presentados aquí se prefirió trabajar con ramilletes. Este insecto se alimenta de numerosas especies dentro del género *Eucalyptus*. La selección de la mejor especie depende de un compromiso entre la palatabilidad y calidad nutricional, y la disponibilidad de plantas con hojas adultas. A continuación se describen los pasos necesarios para la selección, desinfección y preparación de ramilletes de eucalipto que se requieren para ambos métodos de cría. La lista de materiales para estas operaciones se presenta en la figura 2. Las variaciones particulares se detallan en los protocolos correspondientes más abajo.

Materiales

- Alambre fino recubierto de plástico;
- Baldes de 10 o 20L;
- Banda elástica
- Erlenmeyer de 250mL;
- Manguera plástica de xx cm diámetro y 30 cm de largo;
- Matracas Erlenmeyer (250 y 500 mL);
- Picetas
- Ramos de eucalipto;
- Tijera con mango extensible para poda aérea;
- Tijera de podar;
- Tira de poliuretano de 20 cm de largo y 3 cm de espesor;
- Tiras de papel toalla de 20 cm de largo y 2 cm de ancho.

Figura 2. Materiales requeridos para la colecta y preparación de ramos.

Colecta de ramas: Colectar ramas con hojas adultas de *Eucalyptus* con la ayuda de una tijera de podar de mango extensible (Figura 3 a)

Preparación de las ramas: Retirar con la

ayuda de tijeras de podar las hojas viejas, muy nuevas o con signos de enfermedad. Retirar algunas hojas de la parte inferior de la rama hasta obtener aproximadamente 10 cm de la parte inferior del tallo sin hojas (figura 3 b-e).

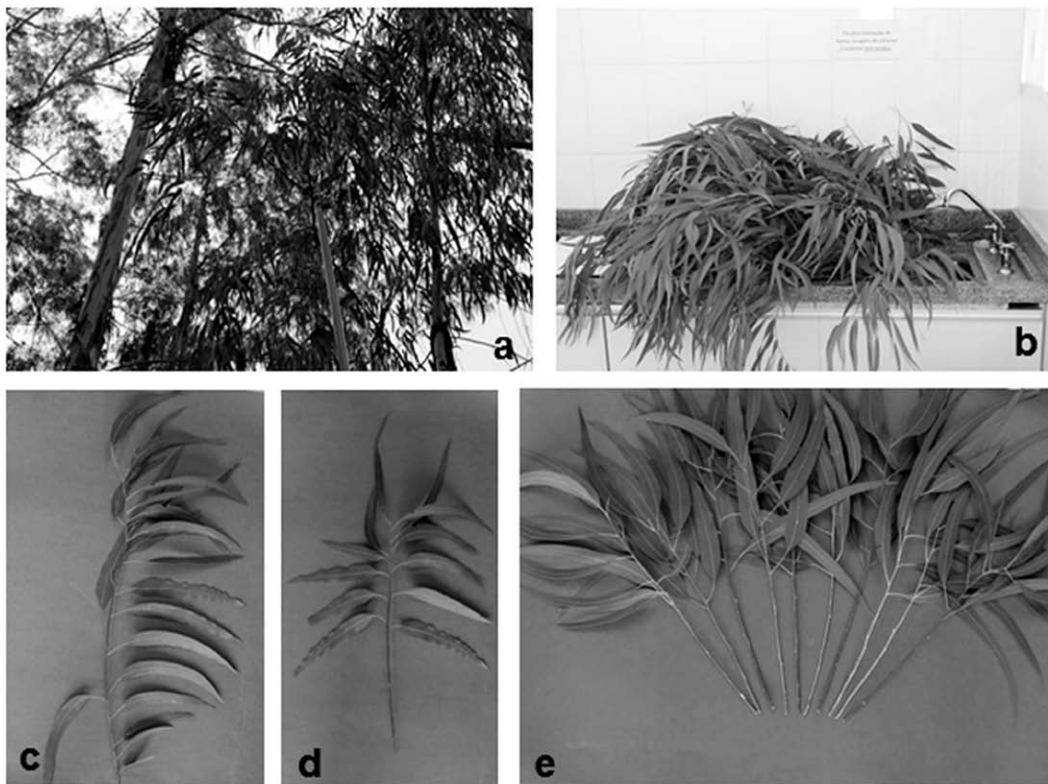


Figura 3. Etapas iniciales de la preparación de ramilletes para la cría de *Thaumastocoris peregrinus*. a. Colecta de ramas; b-e. Selección y preparación de ramas. (Fotos: L. Barbosa).

Limpieza de ramos: Los ramilletes son previamente limpiados con una solución de hipoclorito de sodio al 5% para eliminar patógenos y enjuagados luego en agua destilada estéril (figura 4 b).

Almacenaje de los ramos: Prender los ramos con la banda elástica y colocar en baldes de 10L o 20L con agua para mantener las hojas turgentes. En esta condición duran hasta una semana (fig. 4c).

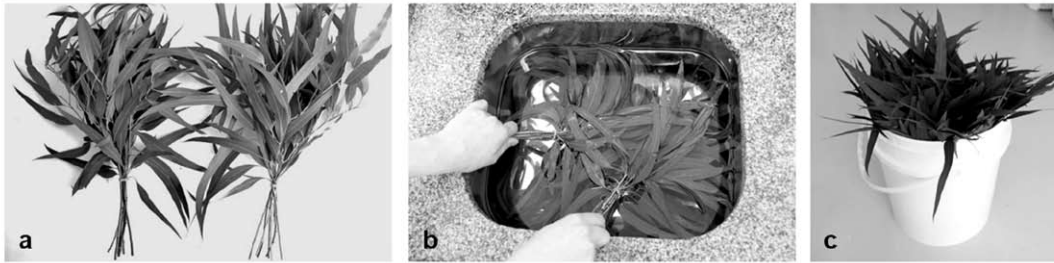


Figura 4. Etapas finales de la preparación de ramilletes para la cría de *Thaumastocoris peregrinus*. a. armado de ramilletes; b. Limpieza de ramilletes; c. Almacenamiento de ramilletes. (Fotos: L. Barbosa)

Preparación de los ramilletes: Lavar los ramos en agua corriente. Retirar el exceso de agua. Retirar la banda elástica. Enrollar una tira de poliuretano (esponja) (20cm x 3cm) a una altura aproximada de 10 cm de

la base del ramo y acoplar una manguera de 30cm (fig. 5). Colocar el ramo así acondicionado en un Erlenmeyer de 250 mL con agua (fig. 5).

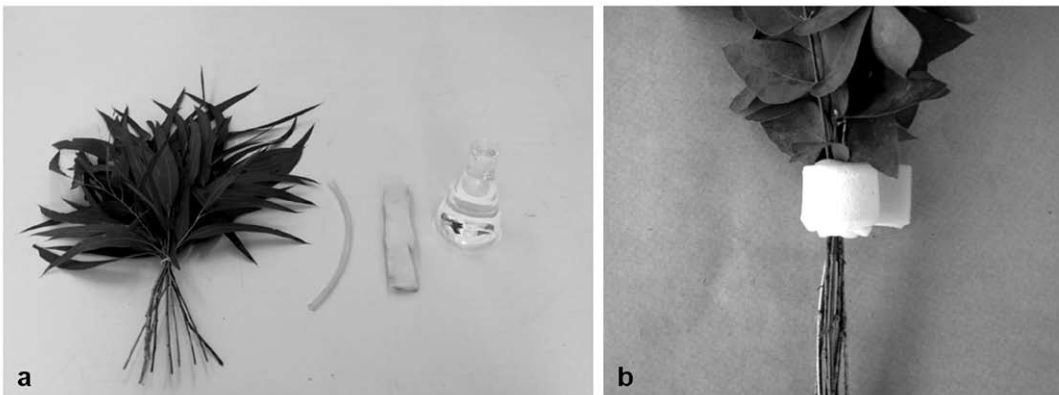


Figura 5. Armado de los ramilletes. (Fotos: L. Barbosa)

Protocolo para cría masiva

Este protocolo fue desarrollado en EMBRAPA para la producción en gran número de individuos de diversos estadios de la chinche del eucalipto (Barbosa *et al.*, 2016). Puede ser usado también para la obtención de desoves para la multiplicación del controlador (figura 6). Este sistema no permite obtener individuos de edad conocida en forma sencilla, ni tampoco controles de calidad muy sofisticados lo cual reduce la posibilidad de

detectar problemas en forma temprana. Es ideal en aquellos casos en los que se requiere una gran cantidad de individuos y en los que se pueden realizar reintroducciones de campo para mantener la población durante todo el año. También se puede utilizar para la producción de huevos para multiplicación del parasitoide. En EMBRAPA la especie de *Eucalyptus* seleccionada ha sido *E. benthamii*. Este protocolo permite el mantenimiento de la población de laboratorio por aproximadamente un año (Barbosa *et al.*, 2016).



Figura 6. Detalle del sistema de cría extensivo desarrollado para *T. peregrinus* en EMBRAPA. (Fotos: L. Barbosa).

Definiciones

Ramillote nuevo (Rn): 7 a 12 ramas frescas de *E. benthamii* en matraces Erlenmeyer de 250 ml con agua. Son aquéllos que serán ofrecidos a los insectos para alimentación (fig. 7a).

Ramillote seco (Rs): 7 a 12 ramas secas de *E. benthamii* en matraces Erlenmeyer de 250 ml con agua (fig. 7c).

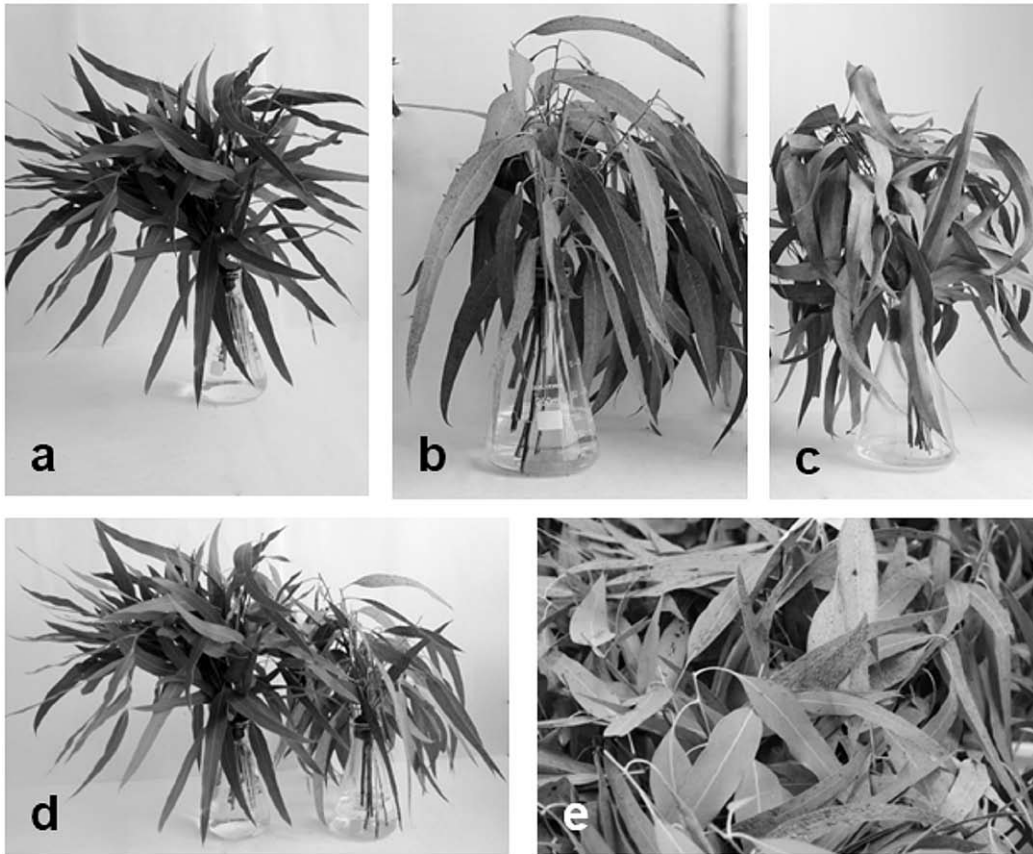


Figura 7. Evolución de ramilletes. a. Ramillete nuevo; b. Ramillete en estado intermedio; c. Ramillete seco; d-e. Proceso de transferencia de Rn a Rs. (Fotos: L. Barbosa).

Etapas de la cría (figura 8)

Fase 1 (F1): El objetivo de esta etapa es asegurar el desarrollo temprano de las ninfas por lo que en esta etapa tendremos una mayor proporción de ninfas del primer y segundo instars. Conforme los ramilletes se van secando (Rs), se deben colocar nuevos (Rn) a su lado a fin de permitir el pasaje de los insectos. Los Rn son colocados en un segundo conjunto de bandejas (F2) una vez que se verifica que las ninfas se encuentran en los instars 4 y 5.

Fase 2 (F2): En esta etapa los ramilletes presentan más ninfas tardías (4° y 5° instar) que permanecerán en estos ramilletes hasta que emerjan como adultos y se inicia a oviposición de los primeros conjuntos de hue-

vos. El aumento del número de adultos y la aparición de posturas en las hojas son indicadores de que el ramo debe ser transferido para la siguiente fase.

Fase 3 (F3): El objetivo de esta etapa es la producción de huevos que serán usados para la multiplicación del parasitoide *Cleruchoides noackae*, más un excedente que será reingresado en el sistema para la reposición de ninfas de la F1. Para la obtención de huevos se colocan tiras de papel toalla (20cm x2cm) sobre los ramilletes. Para asegurar la producción de huevos en el papel es necesaria una gran cantidad de adultos por ramillete. Se sugiere una frecuencia diaria de recambio de los papeles. Otros intervalos podrán ser utilizados dependiendo del objetivo de la cría, pero no se puede exceder

el tiempo de desarrollo embrionario que es de 6 días a 25°C. Luego de la muerte de la mayoría de los adultos estos ramilletes, que también deben cotener masas de huevos en las hojas, deben ser mantenidos en bandejas de la siguiente fase.

Fase 4 (F4): Todos los ramilletes que contengan masas de huevos deben ser mantenidos en esta fase. Una vez observada la eclosión de las primeras ninfas, nuevos ramilletes deben ser agregados para la transferencia de los neonatos. Luego de verificarse la transferencia de todas las ninfas, estos ramilletes se colocan en bandejas de la F1, reiniciando así el ciclo de cría.

Transferencia: Se define como proceso de transferencia al pasaje de los insectos desde Rs a Rn nuevos. Este proceso es distinto para cada etapa de cría (figura 7 d-e).

Proceso de Transferencia en la F1 de la cría: El objetivo de esta transferencia es permitir el pasaje de insectos de los Rs a los Rn. La proporción de [Rs: Rn] depende de

la cantidad de insectos presentes en el Rs la cual normalmente será [1:1]. La duración de este proceso depende de la cantidad de insectos pero es de aproximadamente 1 a 3 días. Al final de este período los Rs son descartados y los Rn permanecen en la F1.

Proceso de Transferencia en la F2 de la cría: El objetivo de esta transferencia es permitir el pasaje de los insectos de los Rs a los Rn y recuperar las ninfas recién nacidas en los Rs. En esta fase el proceso requiere más tiempo, aproximadamente 10 días. La proporción [Rs: Rn] y el tiempo en el que estos permanecerán en contacto son variables. En los primeros días de esta transferencia el objetivo es recuperar los adultos de los Rs. En este caso, los Rn permanecen en la F2 de la cría mientras que los Rs continúan en el proceso de transferencia. Después de la recuperación de los adultos el objetivo del proceso es transferir las ninfas recién nacidas en los Rs para los Rn. En este caso, los Rn serán enviados para la F1 de la cría y los Rs serán descartados.

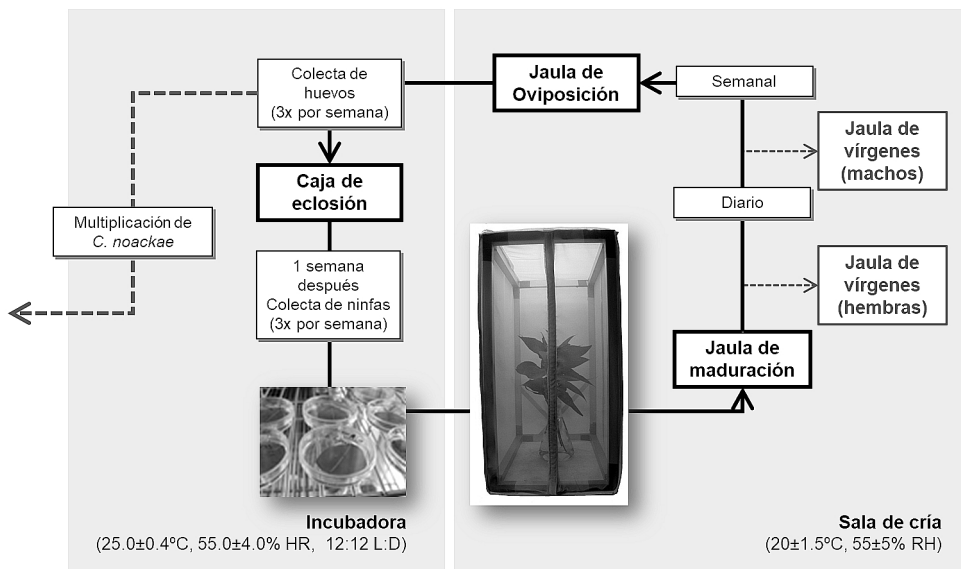


Figura 8. Diagrama del sistema de cría extensiva desarrollado para *T. peregrinus* en EMBRAPA (adaptado de Barbosa *et al.*, 2016)

Almacenaje de las tiras de papel con huevos: Los huevos depositados sobre las tiras de papel (figura 9 a-b) pueden ser almacenados para reposición de ninfas en la F1 de la cría o para multiplicación de *C. noackae*. Para ello, las tiras de papel que contienen desoves son colocadas en una caja plástica (Gerbox) y almacenadas a 5°C hasta 10 días

(figura 9 d-e). El tiempo de almacenamiento a baja temperatura no debe exceder los 30 días. Para la reposición de ninfas en la F1 de la cría, los huevos deben ser mantenidos por 6 días a una temperatura media de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y humedad relativa de $40 \pm 10\%$. Luego de ese periodo deben ser colocados sobre un Rn.

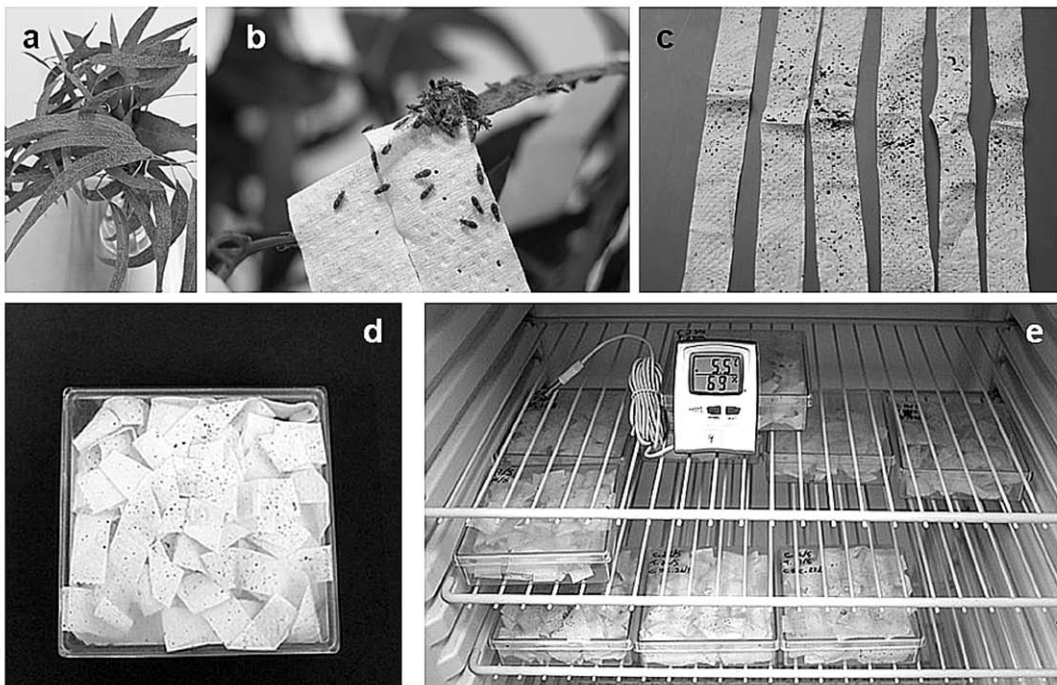


Figura 9. Colecta y almacenamientos de posturas de *Thaumastocoris peregrinus*. a. Ramillete con alto nivel poblacional; b. Oviposición en hojas de papel; c. Posturas en tiras de papel; d-e. Almacenaje de las posturas (Fotos: L. Barbosa).

Protocolo de cría continua intensiva en condiciones controladas

En el marco de la investigación realizada en INIA, se diseñó una estrategia de cría masiva que permite obtener individuos de edad conocida y adultos vírgenes. Se diseñaron unidades separadas para contener diferentes estados de desarrollo. Se utilizaron como sustrato para la cría ramilletes de *Eucalyptus tereticornis* Smith. Este método de cría permite una producción exitosa y en forma escalable de huevos de *T. peregrinus* en condiciones controladas, los cuales pueden ser usados como fuente

para nuevas colonias o como hospederos para agentes de control biológico. La figura 10 presenta el diagrama de este protocolo de cría. Se pueden consultar más detalles del protocolo y su evaluación en Martínez *et al.* (2014).

Definiciones

Jaula de Oviposición (JO): Jaula de marco de aluminio recubierta en tela de malla fina (voile). Dimensiones: 0.35 x 0.50 x 0.70 m. Cada jaula contiene un ramillete de eucalipto con machos y hembras adultos. Es la unidad de producción de huevos.

Jaula de maduración (JM): Jaula de iguales características a la anterior pero que contiene individuos inmaduros. Es la unidad de producción de adultos.

Jaula de vírgenes (JV): Jaula de iguales características a la anterior pero que contiene individuos adultos vírgenes separados por sexo. El procedimiento de separación de individuos vírgenes se explica más abajo en el texto.

Caja de eclosión (CE): Caja de Petri de 5,5 mm de diámetro que contiene hasta 10 huevos colocados sobre un disco foliar cortado de una hoja adulta de *Eucalyptus tereticornis* que está flotando en agua y cubre la mayor parte de la base de la caja. Es la unidad de producción de ninfas.

Metodología

Fundación de la colonia: Para fundar una colonia de cría, individuos adultos de *T. peregrinus* son colectados a campo y mantenidos en plantines de *Eucalyptus* en una jaula durante una generación. De esta manera se minimiza el riesgo de ingresar individuos que puedan ser portadores de infecciones a las unidades de producción.

Establecimiento de las unidades de producción: Los primeros adultos obtenidos de esta manera son transferidos a JO. En forma previa al ingreso de los adultos, un ramillete de *E. tereticornis* se arma en un matraz de 500 mL siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, y se coloca en la jaula como sustrato para alimentación y oviposición. En cada JO se ingresan aproximadamente 80 hembras y 60 machos. Los ramilletes se recambian cada dos días y en ese momento los insectos se cuentan y sexan antes de ser recolocados en la jaula.

Colecta de posturas de la JO: Los huevos depositados en los ramilletes que han sido recambiados son colectados y contados. Las hojas que presentan huevos son recortadas cuidadosamente. Las secciones foliares con huevos se destinan para la multiplicación del parasitoide *C. noackae* o para continuar la cría.

Incubación de huevos: En este caso, las secciones foliares con huevos se colocan en grupos conteniendo aproximadamente 10 huevos en CE, las cuales son incubadas en una cámara de cría a 25.0 ± 0.5 °C, 55.0 ± 1.5 % RH, y 12 horas de fotofase. Los huevos son chequeados todos los días a partir del día seis.

Almacenamiento de posturas para multiplicación de *C. noackae*: Si los huevos se van a almacenar para multiplicación de *C. noackae* se cuentan y se agrupan en cajas de Petri de 55 mm, las cuales son almacenadas en heladera a 4 °C. En estas condiciones los huevos se usan para parasitismo por un mes.

Maduración de ninfas: Cuando las ninfas alcanzan el segundo instar dentro de las CE, hecho que ocurre alrededor de los 4 días de eclosión son transferidas con un pincel de pelo de marta a un ramillete nuevo, el cual se coloca en una JM. Las JM se chequean diariamente para verificar la presencia de adultos.

Obtención de vírgenes: Los individuos vírgenes se colectan de las JM. Para esto se eligen adultos recientemente mudados, reconocibles por el tegumento blanco. Estos individuos se transfieren a JV específicas para cada sexo. Aquellos adultos cuyo tegumento ya se ha oscurecido, no son considerados vírgenes y son transferidos a las JO para reponer el stock, o utilizados en experimentación.

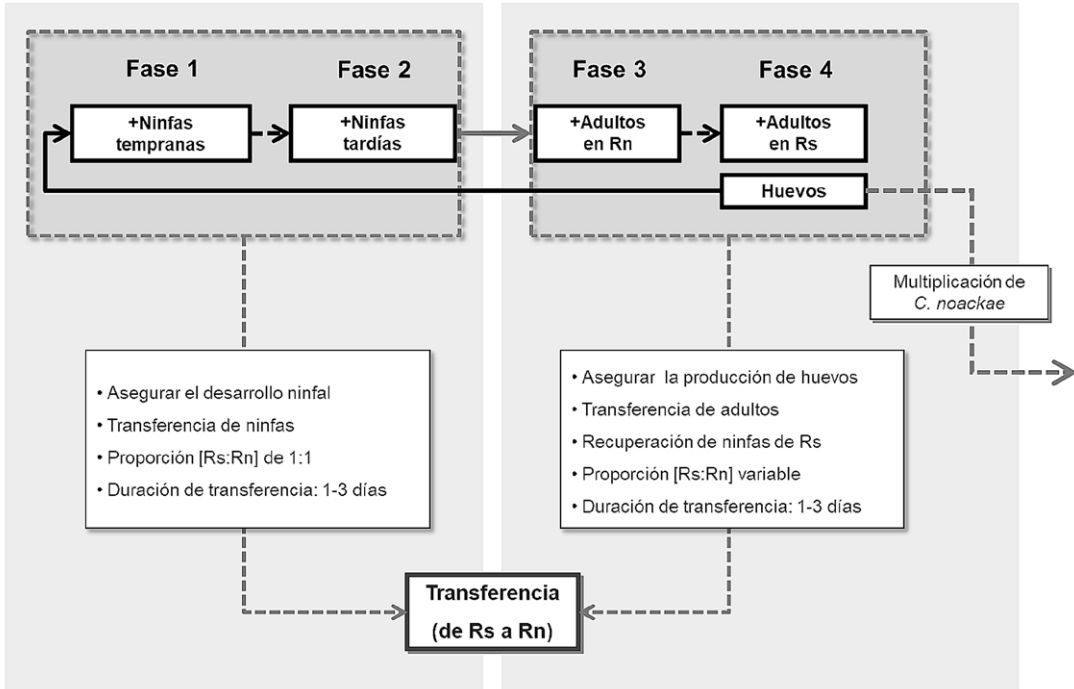


Figura 10. Sistema de cría intensiva desarrollado para *T. peregrinus* en INIA (adaptado de Martínez et al., 2014)

Ciclo de vida en condiciones de cría intensiva

En las condiciones antes mencionadas las ninfas comienzan a eclosionar a los 6 días en promedio y la duración total del estadio ninfal es de $17,2 \pm 1,1$ días (Cuadro 1). La mayor

mortalidad durante el estadio ninfal ocurre en los primeros instars, particularmente en el segundo que registra la mayor mortalidad específica ($qx = 0,48$, cuadro 1). El quinto y último instar ninfal presenta la mayor duración ($4,7 \pm 0,7$ días, cuadro 1) y exhibe la menor tasa de mortalidad ($qx = 0,05$, cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros biológicos de los estadios de *Thaumastocoris peregrinus* en condiciones de cría (adaptado de Martínez et al., 2014).

Estadio	Instar	Duración (días)	Mortalidad específica (qx)
Huevo	-	$6,0 \pm 0,9$	0,45
Ninfa	Ninfa I	$3,7 \pm 0,8$	0,29
	Ninfa II	$2,8 \pm 1,0$	0,49
	Ninfa III	$2,5 \pm 0,9$	0,37
	Ninfa IV	$3,5 \pm 1,0$	0,19
	Ninfa V	$4,7 \pm 0,7$	0,05
Total ninfa	-	$17,2 \pm 1,1$	-
Adulto	Pre-oviposición	$6,9 \pm 0,6$	-
	Oviposición	$15,5 \pm 2,3$	-
	Post-oviposición	$0,5 \pm 0,2$	-
Total adulto	-	$23,0 \pm 2,3$	-

La duración promedio del estadio adulto es de $23,0 \pm 2,3$ días, con un período de pre-oviposición de $6,9 \pm 0,6$ días. Las hembras depositan huevos durante un $15,5 \pm 2,3$ días y mueren enseguida después del cese de la oviposición (el periodo post-oviposición es de menos de un día: $0,5 \pm 0,2$). La producción diaria de huevos por hembra en estas condiciones es de $2,5 \pm 0,1$ huevos. La duración máxima de vida registrada en estas condiciones fue de 50 días.

La Figura 11 muestra la producción semanal de la colonia de *T. peregrinus* para el año 2012, cuando este sistema de cría fue completamente implementado y protocolizado. Las primeras semanas muestran una producción baja la cual coincide con la mudanza a un nuevo edificio especialmente acondicionado. Luego de la semana 10 la producción

de huevos se estabiliza entre 1.000 y 1.500 huevos por jaula por semana, con picos esporádicos como los observados en las semanas 10, 17 y 46. No sólo la producción total de huevos aumentó durante esas semanas sino también el número de huevos por hembra. Estas semanas coinciden con feriados, lo cual sugiere que el estrés debido a la manipulación (cambio de ramas, conteo de individuos) afecta la fecundidad de las hembras. En general la producción se mantuvo dentro de un rango de 1.000 a 1.500 huevos por jaula por semana, o de 11 a 24 por hembra por semana. Estos valores corresponden a una tasa de producción diaria entre 1,6 y 3,4 huevos por hembra, lo cual se corresponde con la producción diaria observada para parejas de *T. peregrinus* en cajas de Petri ($2,5 \pm 0,1$) y con la reportada en otros estudios (Noack & Rose, 2007; Soliman *et al.*, 2012).

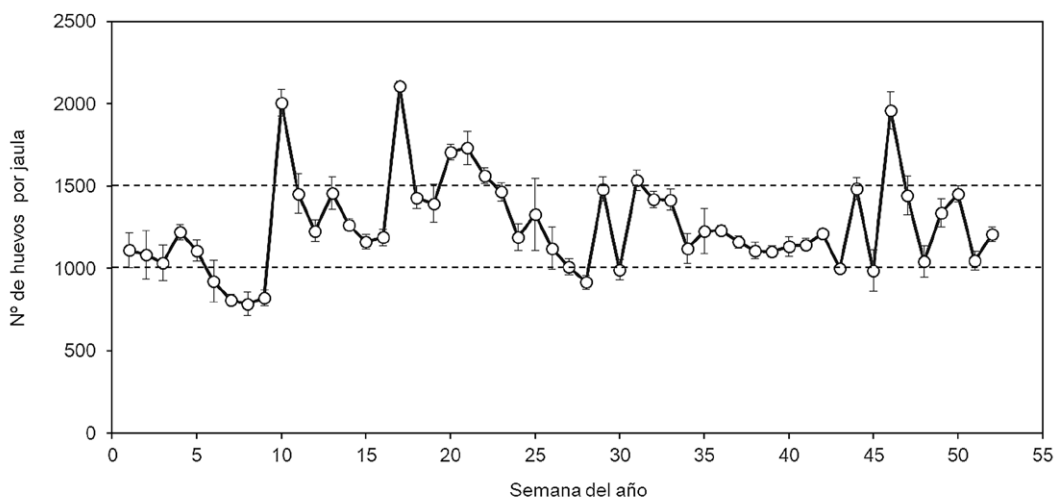


Figura 11. Producción semanal media de huevos por jaula en la cría *in vitro* de *Thaumastocoris peregrinus*. (Adaptado de Martínez *et al.* 2014)

La duración total del estadio adulto fue de $23,0 \pm 2,3$ días, un poco más de la mitad de lo que se ha reportado anteriormente (Bouvet & Vaccaro, 2007; Martínez & Bianchi, 2010; Wilcken *et al.*, 2010; Soliman *et al.*, 2012). Esta reducción en la duración del estadio adulto puede ser una consecuencia del diseño experimental y/o la elección de la especie de *Eucalyptus* lo cual pudo haber reducido el periodo de post oviposición en nuestro experimento. La producción total

de huevos por hembra en las cajas de Petri individuales es de $39,5 \pm 6,1$, lo cual entra en el rango de fecundidad reportado para hembras alimentadas con *E. camaldulensis* y *E. grandis* de 23 y 75 huevos por hembra, respectivamente (Soliman *et al.*, 2012).

En resumen, si se parte de 1.500-2.000 huevos incubados por semana (lo cual puede ser realizado por dos personas part-time) se pueden producir al final del ciclo un prome-

dio semanal de 7.500 huevos en las jaulas de oviposición. Los huevos según este sistema son colectados en el entorno de las 48 h luego de la oviposición como máximo, lo cual coincide con la ventana de tiempo óp-

tima para la parasitación de la avispa *Cleruchoides noackae* (Mutitu *et al.*, 2013) por lo que este protocolo es promisorio de cara a la implementación de un programa de control biológico clásico con este organismo.

REFERENCIAS

- BARBOSA L.R., DOS SANTOS F., BUHRER C.B., NICHELE L.A., WILCKEN C., SOLIMAN E.P.** 2016. *Criação massal do percevejo bronceado, Thaumastocoris peregrinus: Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera, Thaumastocoridae)*. EMBRAPA, Brasília, DF.
- BOUVET J.P., VACCARO N.** 2007. Nueva especie de chinche, *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) en plantaciones de eucalipto en el departamento Concordia, Entre Ríos, Argentina. In: *XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos*. Concordia, pp. 1–2.
- MARTÍNEZ G., BIANCHI M.** 2010. Primer registro para Uruguay de la chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero y Dellapé, 2006 (Heteroptera: Thaumastocoridae). *Agrociencia* 14 (1): 15–18.
- MARTÍNEZ G., LÓPEZ L., CANTERO G., GONZÁLEZ A., DICKE M.** 2014. Life-history analysis of *Thaumastocoris peregrinus* in a newly designed mass rearing strategy. *Bulletin of Insectology* 67 (2): 199–205.
- MUTITU E.K., GARNAS J.R., HURLEY B.P., WINGFIELD M.J., HARNEY M., BUSH S.J., SLIPPERS B.** 2013. Biology and rearing of *Cleruchoidea noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid for the *Biological Control of Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). *Journal of Economic Entomology* 106 (5): 1979–1985. <https://doi.org/10.1603/EC13135>
- NOACK A.E., ROSE H.A.** 2007. Life-history of *Thaumastocoris peregrinus* and *Thaumastocoris* sp. in the laboratory with some observations on behaviour. *General and Applied Entomology* 36: 27–34.
- SOLIMAN E.P., WILCKEN C.F., PEREIRA J.M., DIAS T.K.R., ZACHÉ B., DAL POGETTO M.H.F.A., BARBOSA L.R.** 2012. Biology of *Thaumastocoris peregrinus* in different *Eucalyptus* species and hybrids. *Phytoparasitica* 40 (3): 223–230. <https://doi.org/10.1007/s12600-012-0226-4>
- WILCKEN C.F., SOLIMAN E.P., DE SÁ L.A.N., BARBOSA L.R., DIAS T.K.R., FERREIRA-FILHO P.J., OLIVEIRA R.J.R.** 2010. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution. *Journal of Plant Protection Research* 50 (2): 201–205.

4. Relaciones de preferencia-desempeño en la chinche del eucalipto *Thaumastocoris peregrinus*

Preference-performance relations by the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*.

Gonzalo Martínez⁸, Marcel Dicke⁹ & Andrés González¹⁰ (Adaptado de Martínez,

RESUMEN

El forrajeo óptimo y la oviposición óptima son dos fuerzas importantes que operan sobre la selección de hospederos en insectos hembras. La selección de sitios de oviposición puede también verse afectada por interacciones competitivas entre insectos fitófagos, mediadas por la planta. Estudiamos el comportamiento de alimentación y de oviposición de la chinche del eucalipto por medio de bioensayos de selección para evaluar las preferencias de las hembras entre especies de plantas hospederas, desarrollo foliar, o infestación previa por coespecíficos o un potencial competidor: el psílido de lerps. Evaluamos el vínculo entre estas preferencias y el desempeño de las crías mediante la comparación de la supervivencia y el tiempo de desarrollo de ninfas criadas en los diferentes tratamientos. Tomando las hojas sanas de *Eucalyptus tereticornis* como referencia encontramos que las hembras prefirieron alimentarse de *E. grandis* y hojas adultas de *E. tereticornis* previamente dañadas por otras hembras, pero rechazaron las hojas juveniles como alimento. Las hembras también prefirieron oviponer en hojas previamente dañadas por coespecíficos o heteroespecíficos pero rechazaron oviponer en *E. grandis*. El desempeño ninfal varió entre tratamientos sugiriendo una correlación con las preferencias de oviposición (pero no las de alimentación). La infestación con el psílido de lerp perjudicó el desempeño ninfal aunque la presencia de lerps revirtió el efecto en la supervivencia y acortó la duración del primer instar. Estos resultados muestran que las hembras recurren

a diferentes criterios cuando seleccionan una planta para oviposición o alimentación y que usualmente las preferencias de oviposición están conectadas con el desempeño ninfal. Se demuestra también una interacción entre la chinche del eucalipto y el psílido de lerp.

Palabras clave:

Preferencia-desempeño, selección de hospederos, plaga forestal, Heteroptera, Thaumastocoridae, Aphalaridae, competencia intragremio, bioensayos de selección.

ABSTRACT

Optimal foraging and optimal oviposition are two major forces leading to plant selection by insect females. Oviposition site-selection may be also affected by competitive plant-mediated interactions between phytophagous insects. We studied feeding and oviposition behavior by the bronze bug by using dual-choice bioassays to evaluate the preference of females between host species, developmental leaf stage, or prior plant exposure to either conspecifics or a potential competitor: the lerp psyllid. We assessed the link between these preferences and the performance of the offspring by comparing survival and developmental time of nymphs reared on the various treatments. Using healthy adult leaves of *Eucalyptus tereticornis* as a reference, we found that females preferred to feed on *E. grandis* and *E. tereticornis* adult leaves that had been previously damaged by female conspecifics, whereas they rejected juvenile leaves of *E. tereticornis* as food. Females also preferred to oviposit on leaves

⁸ Dr Gonzalo Martínez. Laboratorio de Entomología. Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal. INIA. Tacuarembó. gmartinez@tb.inia.org.uy

⁹ Prof. DR Marcel Dicke. Laboratory of Entomology. Wageningen University and Research. Países Bajos.

¹⁰ Dr Andrés González. Laboratorio de Ecología Química. Facultad de Química. Universidad de la República.

previously damaged by conspecifics or heterospecifics, but they rejected *E. grandis* as oviposition substrate. Nymphal performance varied among treatments, suggesting a correlation with oviposition preference (but not feeding preference). Infestation with the lerp psyllid hampered nymphal performance, although the presence of lerps reverted the effect in survival and shortened the duration of the initial instar. These results show that females rely on different criteria when selecting plant for oviposition or feeding, and usually oviposition choices are connected to nymphal performance. There is also evidence for an interaction between the bronze bug and the lerp psyllid.

Keywords:

Preference-performance linkage, host selection, forestry pest, Heteroptera, Thaumastocoridae, Aphalaridae, intraguild competition, dual-choice assay.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el proyecto FO012 de INIA y por el proyecto INNOVAGRO FSA_1_2013_1_13033 (ANII). Los resultados presentados en este trabajo son una adaptación de dos capítulos de la tesis de doctorado de G. M.

INTRODUCCIÓN

Los insectos hembra enfrentan dos desafíos importantes: encontrar alimento y encontrar sitios adecuados para depositar sus huevos. La teoría del forrajeo óptimo predice que los insectos adultos preferirán alimentarse de aquellas plantas que proporcionen el mejor desempeño a los adultos (Stephens & Krebs, 1986). Por el contrario la teoría de la oviposición óptima predice que los insectos hembra preferirán oviponer en aquellas plantas hospederas que maximicen el fitness de sus descendencia, lo cual resultará en una correlación positiva entre la preferencia de sitios de oviposición y el desempeño de las crías (Jaenike, 1978). Esta última teoría ha sido la dominante para explicar la selección de plantas hospederas por insectos fitófagos, incluso

cuando los datos empíricos recopilados para numerosas especies no muestran una correlación entre la preferencia de oviposición de las hembras y el desempeño resultante de sus crías (Thompson, 1988; Thompson & Pellmyr, 1991; Mayhew, 1997). En algunos casos esta falta de correlación se puede explicar si se considera, además de las propiedades intrínsecas de las plantas, efectos sobre el desempeño de las crías resultantes de la interacción con otros niveles tróficos tales como la susceptibilidad al ataque de enemigos naturales (Ohsaki & Sato, 1994; Dicke, 2000).

Sin embargo existen escenarios en los cuales la elección de una planta hospedera puede ser explicada como una consecuencia de forrajeo óptimo (Scheirs & De Bruyn, 2002). Si las hembras se alimentan en el estado adulto, los recursos obtenidos durante el estado larval no son tan cruciales para su fecundidad como en especies que no se alimentan en estado adulto, lo cual llevaría a un vínculo más débil entre preferencia y desempeño (Gripenberg *et al.*, 2010). De esta manera los insectos adultos que explotan un recurso alimentario diferente que su cría pueden elegir oviponer cerca de una fuente de alimentación aunque se trate de hospederos sub óptimos para los juveniles (Murphy, 1983; Renwick & Chew, 1994). Por otra parte si los insectos se alimentan del mismo recurso durante todo el ciclo biológico se vuelve difícil poder separar preferencias de alimentación y preferencias de oviposición.

Las plantas del género *Eucalyptus* (Myrtaceae) a menudo exhiben desarrollo heteroblástico lo cual implica la coexistencia de dos morfologías foliares, hojas juveniles y hojas adultas (Potts & Wiltshire, 1997). En este caso las diferencias entre los estados de desarrollo foliar pueden afectar las preferencias de alimentación y de oviposición de los insectos que se alimentan en este género. Como evidencia de esto muchas especies que se alimentan de hojas de *Eucalyptus* muestran distribuciones diferentes en el follaje de acuerdo al estado de desarrollo foliar (Brennan *et al.*, 2001; Brennan & Weinbaum, 2001a,b; Lawrence *et al.*, 2003).

La competencia interespecífica es otro factor importante que afecta el desempeño de los insectos fitófagos y la selección de sitios de oviposición resulta una de las variables más afectadas por dicha competencia (Kaplan & Denno, 2007) muchas veces debido a cambios en la fisiología, morfología y/o química de las plantas hospederas como resultado del ataque de un herbívoro competidor (Karbon & Baldwin, 1997; Ohgushi, 2005; Stam *et al.*, 2014). Estas interacciones interespecíficas mediadas por las plantas han sido registradas en insectos pertenecientes a un mismo gremio trófico (Denno *et al.*, 2000; Karban *et al.*, 2012) o a gremios diferentes (Kessler & Baldwin, 2004; Soler *et al.*, 2012). También se ha observado que el resultado final de la interacción puede cambiar dependiendo de la secuencia de llegada de los herbívoros a la planta (Poelman *et al.*, 2008; Soler *et al.*, 2012; Kroes *et al.*, 2016; Huang *et al.*, 2017).

Las chinches herbívoras usualmente explotan los mismos recursos durante todo su ciclo de vida y presentan amplios rangos de hospederos. A veces la oviposición puede ligarse a las actividades de forrajeo de la hembra (Ventura & Panizzi, 2003) pero en muchos otros casos la selección de sitios de oviposición puede ser atribuida a factores estructurales (Benedict *et al.*, 1983; Ventura & Panizzi, 2003) o a la protección contra enemigos naturales (Kiritani *et al.*, 1965; English-Loeb & Collier, 1987; Udayagiri & Welter, 2000; Hirayama & Kasuya, 2009). La comprensión de los factores comportamentales involucrados en la selección de hospederos es importante particularmente en especies de importancia económica ya que el conocimiento resultante puede ser utilizado en el desarrollo de estrategias de manejo sostenibles y eficaces (Cook *et al.*, 2007) no obstante lo cual ha sido pobremente estudiado en insectos picosuctores.

La chinche del eucalipto es una plaga invasiva de *Eucalyptus* que se ha dispersado desde Australia, su centro de origen, a las áreas de producción de eucaliptos más importan-

tes del mundo (Nadel & Noack, 2012). En Uruguay, esta especie se encuentra presente en casi todas las especies de importancia comercial aunque exhibe una preferencia marcada por eucaliptos colorados (Martínez & Bianchi, 2010; Martínez & Gómez, 2014; Martínez *et al.*, 2014). Otro insecto importante en colorados es el psílido de lerp *Glycaspis brimblecombei* Moore (Sternorrhyncha: Aphalaridae), un pequeño insecto picosuctor que vive durante todo su estado ninfal bajo una estructura cónica blanca, de composición azucarada, el lerp, que es secretada por la ninfa (Hollis, 2004; FAO-MGAP, 2006; Firmino-Winckler *et al.*, 2009). Si bien es considerada una importante plaga de eucaliptos en otras partes de Sudamérica (Santana & Burckhardt, 2007; Benítez Díaz *et al.*, 2013), en Uruguay *G. brimblecombei* ha permanecido como una plaga de baja prioridad desde su detección en 2004 (Bianchi & Sánchez, 2004). Ambas especies oviponen sobre las hojas y usualmente en parches. Las hembras de la chinche del eucalipto seleccionan sitios de oviposición que representan elevaciones o depresiones con respecto a la lámina foliar como la nervadura central, verrugas o cicatrices (Wilcken *et al.*, 2010; Nadel & Noack, 2012). Debido a eso es común encontrar huevos de la chinche en posturas viejas del psílido o en lerp (Ide *et al.*, 2011) de los cuales también se alimentan frecuentemente los adultos y juveniles de la chinche (figura 1).

El objetivo del estudio que se presenta aquí fue establecer la preferencia de alimentación y oviposición de la chinche del eucalipto ante diferentes escenarios, y contrastar la segunda con el desempeño resultante de sus crías. Hipotetizamos que en general dichas preferencias de oviposición estarían correlacionadas con un mejor desempeño de las hembras. En virtud de las observaciones realizadas a campo, también hipotetizamos la interacción entre la chinche del eucalipto y el psílido de lerp. El propósito final de esta investigación es el desarrollo de medidas de manejo más eficaces para estas plagas forestales.

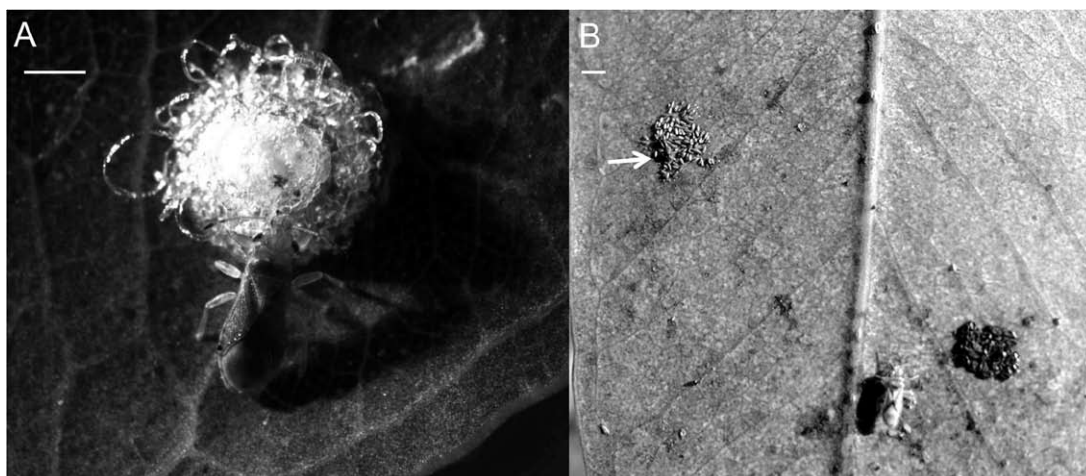


Figura 1. (A) Hembra de la chinche del eucalipto alimentándose de un lerp; (B) Huevos de *T. peregrinus* (flecha) adjacentes a una ovipostura de *Glycaspis brimblecombei*. Las barras blancas representan 1 mm.

MATERIAL Y MÉTODOS

Insectos y plantas

Los insectos adultos de *T. peregrinus* (1-2 días) procedieron en todos los casos de de una cría masiva permanente instalada en INIA Tacuarembó (Martínez *et al.*, 2014). Para los diferentes bioensayos utilizamos hembras apareadas con una semana de emergidas (Martínez *et al.*, 2017b,a). Las hojas de diferentes especies de *Eucalyptus* para los experimentos se obtuvieron de árboles con follaje adulto plantados en la Estación eperimental de INIA en Tacuarembó. Se colectaron también hojas adultas de *Eucalyptus tereticornis* de un monte de abrigo infestado por el psílido de escudo (10-20 lerps por hoja). Las hojas juveniles de *E. tereticornis* fueron obtenidas de plantines producidos a partir de semillas provenientes de los mismos árboles utilizados como fuente de hojas adultas, los cuales se mantuvieron en invernáculo.

Preferencia

Las preferencias de alimentación y de oviposición de las hembras de *T. peregrinus*

se estudiaron en una arena experimental que consistió de una caja de Petri (5.5 cm de diámetro) conteniendo dos muestras foliares cuadradas de 2 cm de lado. Una de las muestras se correspondió con uno de los tratamientos a ser evaluados mientras que el otro cuadrado provino en todos los casos de una hoja adulta de *E. tereticornis*, el cual se definió como control experimental (Martínez *et al.*, 2014). En el fondo de la caja de Petri pegamos un hisopo de algodón cortado a la mitad, que sirvió como plataforma sobre la cual colocar las muestras foliares (figura 2 A). En todos los casos usamos la cara abaxial de los cuadrados foliares para exponer a los insectos. Colocamos en el centro, entre ambas muestras foliares, una etiqueta de papel (2 × 0.5 cm) que ofició como un área de liberación neutral (figura 2 B). La caja de Petri fue finalmente llenada con agua hasta la altura de las muestras foliares para evitar que las chinches escaparan de la misma así como para mantener las muestras foliares hidratadas durante todo el experimento (Soliman *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2014).

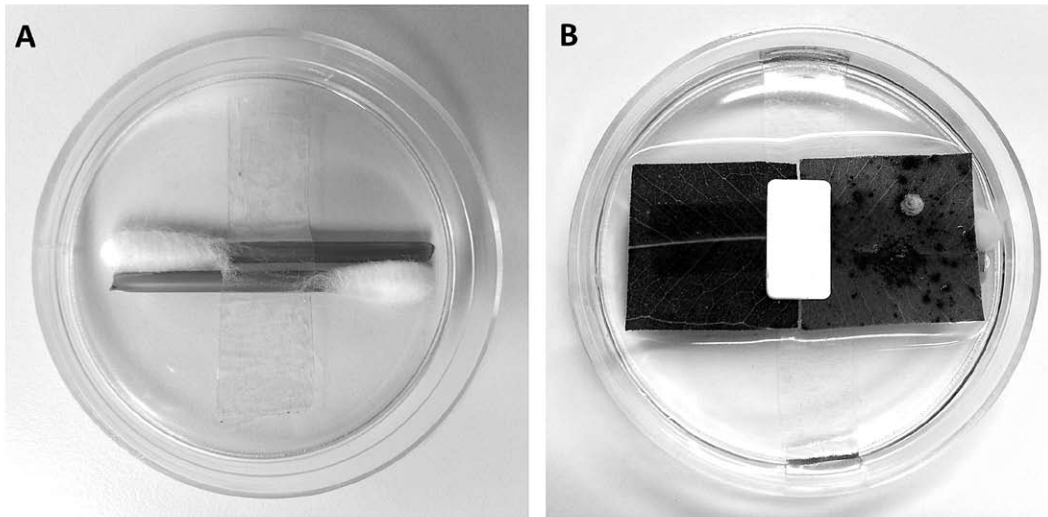


Figura 2. Arena experimental: (A) Hisopo de algodón cortado a la mitad y pegado al fondo de la caja de Petri; (B) Arena lista para el bioensayos con los dos tratamientos (cuadrados foliares) y la etiqueta de papel como área de liberación central.

Evaluamos la preferencia de alimentación y la preferencia de oviposición de las hembras de *T. peregrinus* entre pares de opciones que consistieron en una muestra de hoja adulta de *E. tereticornis* contra muestras foliares adultas de *E. grandis* o *E. benthamii*, o muestras foliares juveniles de *E. tereticornis*. Con el mismo diseño experimental evaluamos también el efecto de la presencia previa de coespecíficos de la chinche del eucalipto sobre la preferencia de las hembras. Para ello, testeamos una hoja adulta de *E. tereticornis* sin daño contra hojas que hubieran sido expuestas a diferentes densidades de insectos por una semana. Para obtener estas hojas se expuso un conjunto de plantines de *E. tereticornis*, del mismo origen y edad y con presencia de follaje adulto, a cinco hembras apareadas (baja densidad) o a 70 o más hembras apareadas (alta densidad). Un subconjunto de estos plantines se mantuvo en similares condiciones pero sin exposición a insectos, para ser usado como control. Utilizamos este nivel de alta densidad tomando como base las densidades observadas en relevamientos a campo (Martínez & Gómez, 2014). Finalmente evaluamos el efecto del psílido comparando un cuadrado foliar conteniendo un lerp de *G. brimblecombei* y un cuadrado cortado de una hoja sana del mis-

mo árbol como control. Luego de dos días se evaluó la oviposición y la alimentación de las hembras a través del conteo de los huevos y gotas fecales presentes en cada cuadrado foliar, respectivamente.

Desempeño de las ninfas

Individuos recién nacidos obtenidos de la cría se colocaron individualmente en una muestra foliar (3 × 3 cm) flotando en agua en una caja de Petri (5.5 cm de diámetro). Dicha muestra foliar correspondía a uno de los siguientes tratamientos: hojas adultas sin daño de *E. tereticornis* (control), *E. grandis*, o *E. benthamii*, u hojas adultas de *E. tereticornis* previamente expuestas por dos días a 100-130 adultos de *T. peregrinus*. Renovamos las muestras foliares cada dos días y observamos cada ninfas diariamente a la misma hora, hasta que el último individuo alcanzó el estado adulto o murió. Se siguieron en total 400 huevos (100 por tratamiento). Las causas de muerte se agruparon en alguna de las siguientes categorías: enfermedad, ahogamiento y muerte durante la muda.

Para evaluar el efecto de *G. brimblecombei* sobre el desempeño de las ninfas de la chinche del eucalipto, las ninfas neonatas fueron transferidas esta vez a hojas pertenecientes

a los siguientes tratamientos: hojas con 10-20 lerps de *G. brimblecombei*, hojas con un nivel de infestación similar pero cuyos lerps habían sido removidos mecánicamente u hojas sanas de *E. tereticornis* como control. La parte distal del limbo de las hojas fue previamente cortada hasta igualar una distancia de 5 cm y los peciolo fueron envueltos en algodón e insertados en un tubo de ensayo lleno de agua destilada (Martínez *et al.*, 2017b). Los tubos fueron incubados en las condiciones ya descritas. Como medida de desempeño, la supervivencia de las ninfas fue registrada diariamente hasta que la última ninfa mudara o muriera. En este caso sólo se registró la supervivencia y duración del primer instar ninfal tomando como base resultados previos (Martínez *et al.*, 2014, 2017a).

Análisis de los datos

Analizamos la preferencia de las hembras a través del cálculo de la proporción de gotas fecales y huevos en el tratamiento a ser analizado con relación al número total de gotas fecales o huevos (tratamiento + control), según procedimiento ajustado por Grostal & Dicke (1999). De esta manera establecimos índices de preferencia de alimentación y oviposición de forma tal que cero representara una preferencia total por el control (hojas sin daño de *E. tereticornis*), 0,5 la ausencia de preferencia y 1 una preferencia total por el tratamiento bajo evaluación. Los índices calculados fueron transformados mediante el uso del arcoseno de la raíz cuadrada y los datos transformados, una vez satisfechos los requerimientos de normalidad, fueron analizados mediante un test de t de Student donde se contrastó la hipótesis nula de no preferencia ($H_0: \mu = \text{arcoseno } \sqrt{0.5}$). La mortalidad fue extremadamente baja durante los bioensayos de preferencia, donde una sola hembra fue encontrada muerta en 240 réplicas ($n = 80$ por tratamiento). Excluimos del análisis a las hembras que no se alimentaron u ovipusieron durante el experimento.

El desempeño de las ninfas fue analizado mediante la comparación de la supervivencia y la duración de los estados ninfales.

Comparamos la curva de supervivencia del control (hojas sin daño de *E. tereticornis*) con las los otros tratamientos a través del test de rangos logarítmicos (Peto & Peto, 1972). Comparamos los tiempos de desarrollo para el primer instar ninfal y para todo el estado ninfal entre los tratamientos a través de un test H de Kruskal-Wallis, seguido de comparaciones pareadas con el test de Wilcoxon de suma de rangos. Las diferencias en las causas de muerte ninfal fueron evaluadas mediante un tes de χ^2 . En lo que respecta al desempeño en función de *G. brimblecombei*, comparamos la duración del primer instar ninfal entre tratamientos mediante un ANOVA de un factor luego de transformar los datos por su raíz cuadrada y testear la normalidad y homoscedasticidad de los mismos. Se realizó un test de Tukey para las comparaciones post hoc entre tratamientos, con un nivel de confianza del 95%. Todos los análisis se realizaron en R v.3.4.0. (R Development Core Team, 2009).

RESULTADOS

Preferencia

Cuando a las hembras se les ofreció la elección entre hojas adultas sin daño de *E. tereticornis* o *E. grandis*, ellas prefirieron alimentarse en las segundas ($t = -2.557$, d.f. = 78, $P = 0.01$), mientras que no se detectó ninguna diferencia significativa en la preferencia de alimentación entre *E. tereticornis* o *E. benthamii* ($t = -1.027$, d.f. = 78, $P > 0.05$). Asimismo las hembras prefirieron hojas adultas a hojas juveniles de *E. tereticornis* ($t = 7.235$, d.f. = 73, $P < 0.001$; figura 3). La preferencia de oviposición no estuvo alineada a la preferencia de alimentación. Más de la mitad de las hembras no ovipusieron en aquellos ensayos en los que la muestra foliar del tratamiento no pertenecía a *E. tereticornis*. Las hembras evidenciaron una preferencia de oviposición por hojas adultas de *E. tereticornis* contra *E. grandis* ($t = 2.685$, d.f. = 24, $P = 0.013$; figura 3) pero no se encontró una preferencia significativa entre hojas adultas de *E. tereticornis* y hojas adultas de *E. benthamii* u hojas juveniles de *E. tereticornis*.

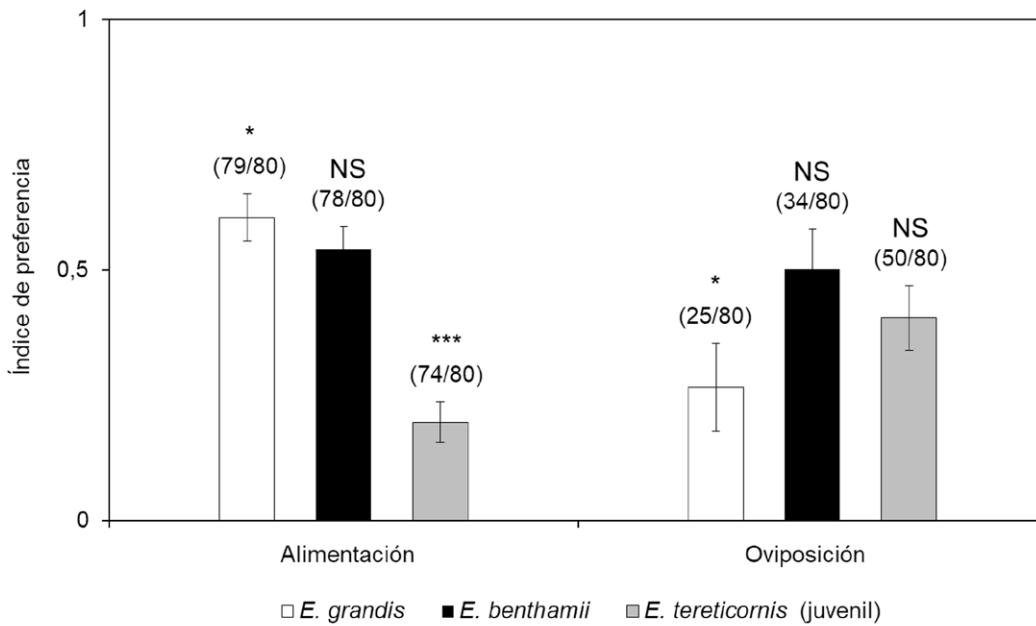


Figura 3. Media (\pm error típico de la muestra) del índice de preferencia de alimentación y oviposición de las hembras de *T. peregrinus* en bioensayos de preferencia con tres especies de *Eucalyptus*, hojas juveniles y hojas adultas de *Eucalyptus tereticornis* como control. Los números sobre las barras (A/B) indican el número de réplicas válidas (A) sobre el número total de réplicas realizadas (B). Un índice por debajo de 0,5 indica preferencia por el control. Los asteriscos indican desviaciones significativas de 0,5 (t-test: * $0.01 < P < 0.05$; *** $P < 0.001$; NS, no significativo).

La mortalidad de las hembras fue mayor en la arena cuando se compararon hojas con daño; ésta alcanzó el 22.5% ($n = 65$ por tratamiento). Cuando las hembras fueron puestas a elegir entre hojas adultas de *E. tereticornis* con o sin exposición previa a otras hembras, éstas prefirieron alimentarse en las primeras tanto cuando las hojas fueron expuestas a una baja densidad ($t = -2.847$, d.f. = 49, P

= 0.006) como a alta densidad de hembras ($t = -2.439$, d.f. = 51, $P = 0.01$; figura 4). Sin embargo las hembras pusieron más huevos en hojas previamente expuestas a una alta densidad de hembras ($t = -4.767$, d.f. = 42, $P < 0.001$) que en hojas no expuestas pero esta preferencia desapareció al compara el control contra hojas previamente expuestas a una baja densidad de hembras ($t = 0.0104$, d.f. = 35, $P = 0.99$; figura 4).

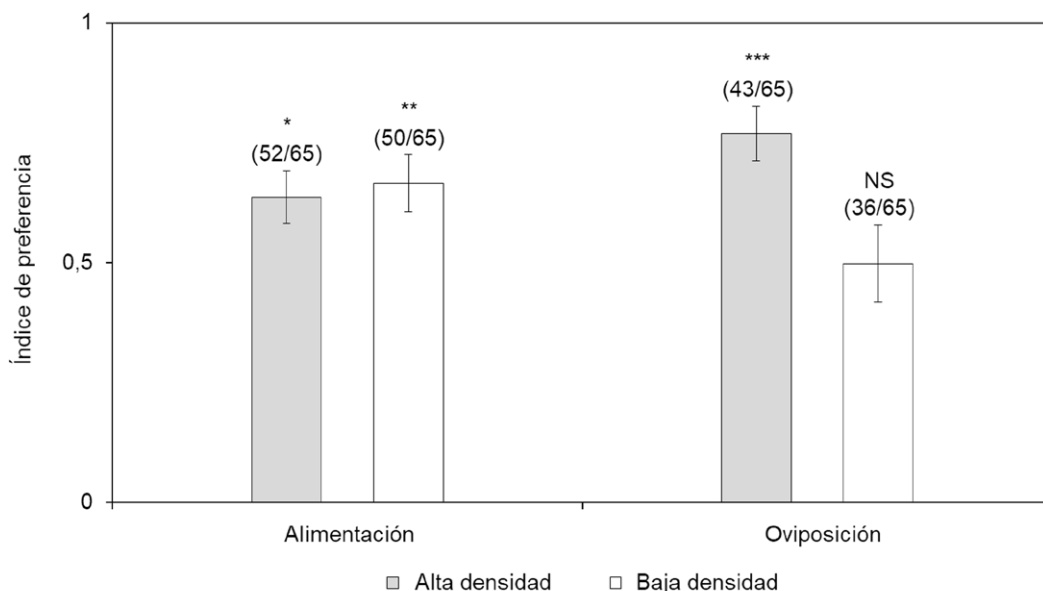


Figura 4. Media (\pm error típico de la muestra) del índice de preferencia de alimentación y oviposición de las hembras de *T. peregrinus* en bioensayos de preferencia con hojas adultas de *Eucalyptus tereticornis* previamente dañadas por coespecíficos, contra hojas adultas no dañadas de *E. tereticornis*. Las hojas dañadas fueron colectadas de plantas previamente expuestas a dos niveles de densidad de hembras (Alta = 70 hembras por planta; Baja = 5 hembras por planta). Los números sobre las barras (A/B) indican el número de réplicas válidas (A) sobre el número total de réplicas realizadas (B). Un índice por debajo de 0,5 indica preferencia por el control. Los asteriscos indican desviaciones significativas de 0,5 (t-test: * $0.01 < P < 0.05$; *** $P < 0.001$; NS, no significativo).

En lo que respecta a la presencia simultánea de *G. brimblecombei*, las hembras de *T. peregrinus* prefirieron ovipositar en hojas con lerps sobre las hojas sanas ($t = -3.6935$, $df = 86$, $P = 0.0004$, $n = 87$) pero no discriminaron entre estos dos tratamientos a la hora de seleccionar alimento ($t = -0.7804$, $df = 91$, $P = 0.43$, $n = 92$; figura 5). Las hembras que murieron o no ovipusieron no fueron incluidas en el análisis (13 y 8 para los tests

de oviposición y alimentación respectivamente). Las hembras pusieron 556 huevos, 374 en hojas con lerps (4.1 ± 0.3 huevos/hembra), la mayoría de ellos adyacentes al lerp (todos excepto 3 huevos). En contraste solo 182 huevos fueron puestos en hojas sin lerps (2.0 ± 0.3 huevos/hembra). Durante el experimento muchas hembras fueron observadas comiendo cerca o directamente en los lerps.

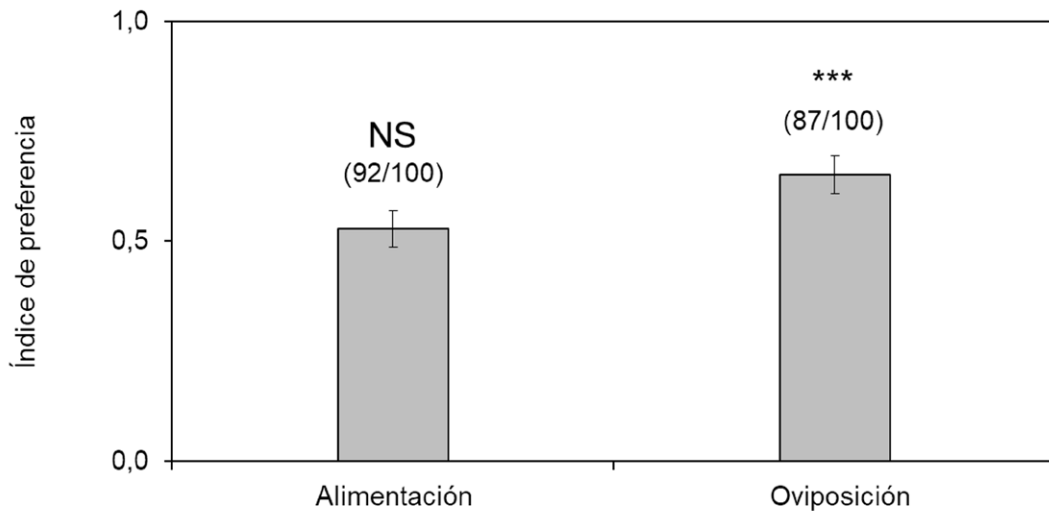


Figura 5. Media (\pm error típico de la muestra) del índice de preferencia de alimentación para las hembras de *T. peregrinus* en bioensayos de selección con muestras foliares de *E. tereticornis* con lerps contra hojas sanas. Los números sobre las barras (A/B) indican el número de réplicas válidas (A) sobre el número total de réplicas realizadas (B). Un valor del índice por encima de 0,5 indica preferencia por el cuadrado infestado con lerps. Las barras de error representan el error típico de la muestra. ***: $P < 0.001$; NS: no significativo.

Desempeño de las ninfas

La supervivencia de las ninfas fue afectada por la identidad de la planta de la que se alimentaron (figura 6). Las curvas de supervivencia fueron diferentes para individuos criados en *E. tereticornis* en comparación con *E. grandis* ($\chi^2 = 12.6$, 1 grado de libertad, $p < 0.001$) y *E. benthamii* ($\chi^2 = 20.4$, 1g.l., $P < 0.001$) y la diferencia fue ya notable a partir del primer instar (figura 6). Las ninfas se desempeñaron en forma similar en hojas dañadas y sanas de *E. tereticornis* durante los primeros tres instars pero se observaron tasas de supervivencia más bajas en las hojas

expuestas en el instar cuarto y quinto, que se vieron reflejadas en las curvas ($\chi^2 = 4.2$, d.f. = 1, $P = 0.041$; figura 6). Las causas de muerte difirieron entre los tratamientos ($\chi^2 = 14.9$, d.f. = 6, $P = 0.021$; cuadro 1). Las principales causas de muerte fueron el ahogamiento en el agua circundante y enfermedad por varios patógenos, en su mayoría hongos. Una cantidad menor de individuos murieron durante la muda, especialmente en *E. benthamii*. El ahogamiento fue particularmente importante en individuos criados en hojas de *E. tereticornis* previamente expuestas a coespecíficos.

Cuadro 1. Número de ninfas de *Thaumastocoris peregrinus* muertas antes de alcanzar el estado adulto en discos foliares de tres especies de *Eucalyptus* y sus causas de muerte. Un total de 100 ninfas iniciaron el desarrollo en cada tratamiento.

	Ahogadas	Muertas durante la muda	Enfermas	Total
<i>E. tereticornis</i> sin daño	7	1	12	20
<i>E. tereticornis</i> dañado	24	3	12	39
<i>E. grandis</i>	18	6	13	37
<i>E. benthamii</i>	16	9	26	51
Total	65	19	63	147

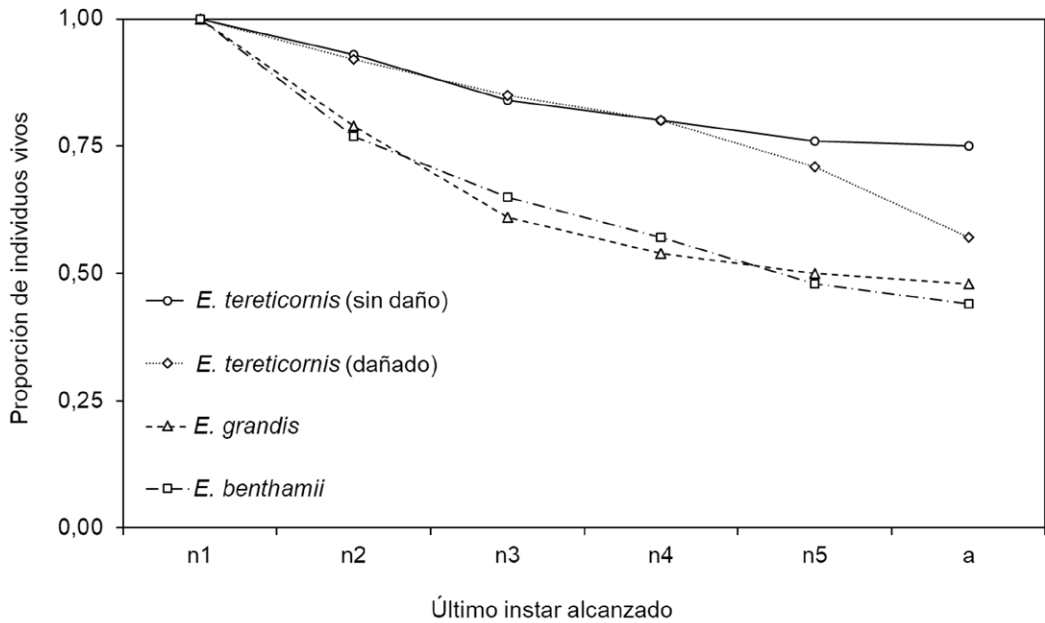


Figura 6. Curva de supervivencia de ninfas de *Thaumastocoris peregrinus* criadas en tres especies de *Eucalyptus*. Los puntos indican la proporción de individuos vivos al inicio de cada instar (n inicial =100). N1-n5, instars ninfales; a, adulto.

La duración del primer instar ninfal varió entre tratamientos. Las ninfas criadas sobre *E. tereticornis* alcanzaron antes el segundo instar, indiferentemente de que las hojas hubieran sido expuestas o no al daño por co-específicos ($H = 43.069$, d.f. = 3, $P < 0.001$; figura 7 A). Si se considera todo el estado ninfal, los individuos criados en hojas sanas de *E. tereticornis* y en hojas de *E. benthamii*

se desarrollaron más rápidamente, mientras que los individuos criados en hojas dañadas de *E. tereticornis* se desarrollaron más lentamente ($H = 45.076$, d.f. = 3, $P < 0.001$; figura 7 B). El tiempo requerido tanto para alcanzar el segundo instar como para completar el estadio juvenil fue más largo en *E. grandis* que en todos los restantes tratamientos.

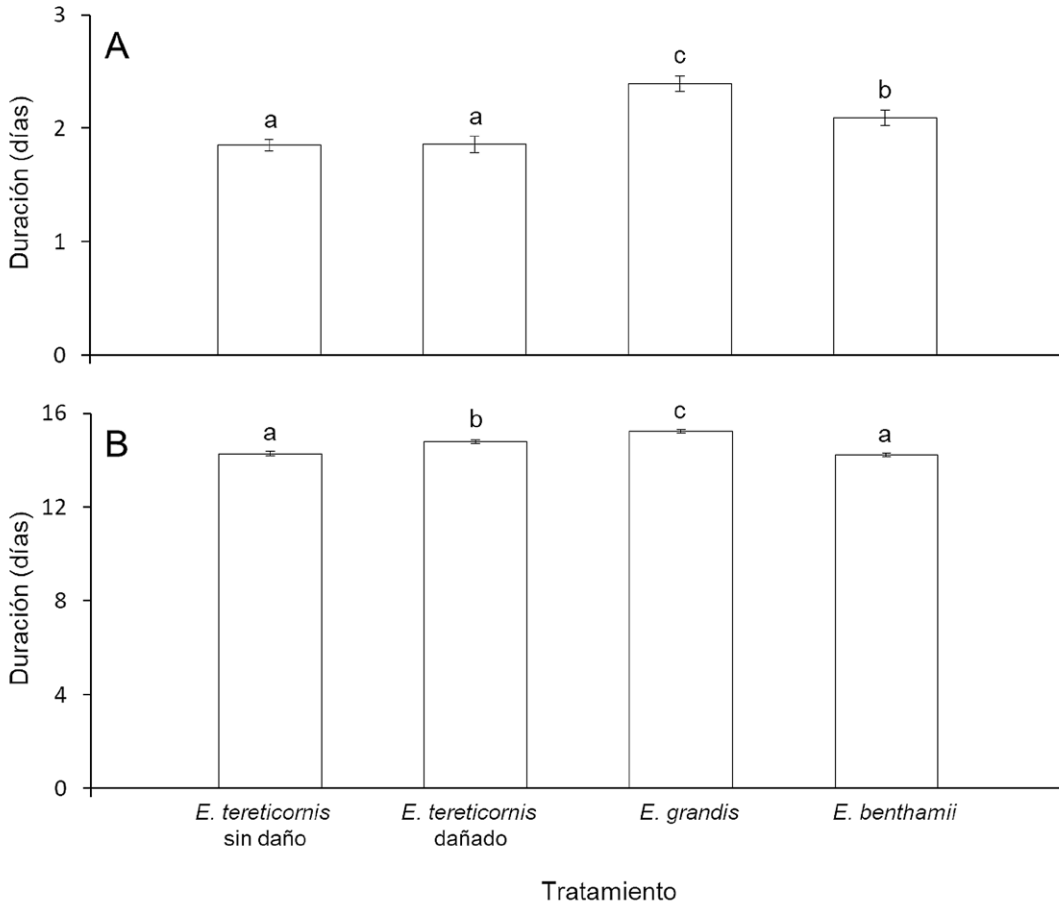


Figura 7. Duración en días del primer instar ninfal (A) y del estado ninfal (B) de *Thaumastocoris peregrinus* en diferentes tratamientos (n inicial = 100 en cada tratamiento). Barras con diferentes letras representan diferencias significativas (Wilcoxon test: P<0.01).

En lo que respecta al efecto del psílido de lerp sobre el desempeño de las ninfas de la chinche del eucalipto, la tasa de supervivencia más baja se dio en hojas atacadas por *G. brimblecombei* cuyos lerps fueron removidos (67%), la cual fue significativa-

mente inferior a la registrada en hojas sanas (84%). Sin embargo las hojas atacadas y con lerps registraron una supervivencia que no se diferenció significativamente del control, aunque fue un poco menor (76%. Cuadro 2).

Cuadro 2. Prueba de rangos logarítmicos para las curvas de supervivencia de ninfas de primer instar de *Thaumastocoris peregrinus* criadas en hojas sanas de *Eucalyptus tereticornis*, hojas con lerps y hojas cuyos lerps fueron removidos (n=100).

Comparaciones pareadas	χ^2	gl	p
Lerps vs. sano	1,5	1	0,222
Lerps vs. Lerps removidos	2,6	1	0,106
Lerps removidos vs. sano	7,8	1	0,005

No solo la supervivencia sino la duración del primer instar ninfal se vio afectada por la presencia del psílido. Las ninfas criadas en hojas sanas mudaron antes que aquéllas criadas en hojas infestadas por *G. brimblecombei*. Entre ambos tratamientos con hojas

infestadas, el primer instar fue significativamente más largo cuando los lerps fueron previamente removidos (figura 8). Las ninfas criadas en hojas con lerps fueron frecuentemente encontradas sobre o adyacentes a los mismos durante las inspecciones diarias.

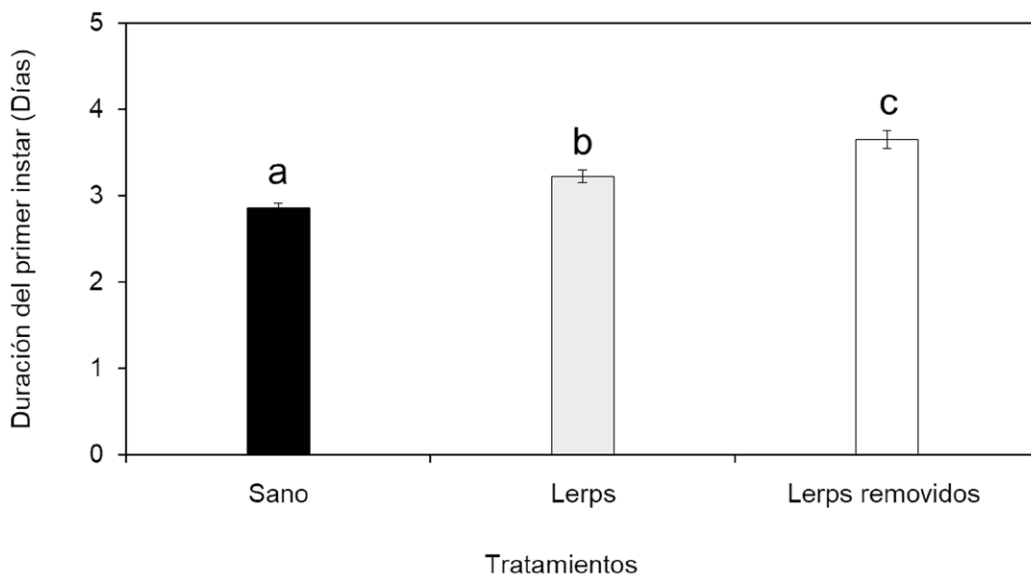


Figura 8. Duración del primer instar ninfal de *Thaumastocoris peregrinus* (media \pm error típico de la muestra) para individuos criados en hojas de *Eucalyptus tereticornis* sanas, con 10-20 lerps de *Glycaspis brimblecombei*, u hojas cuyos lerps fueron removidos. Barras con letras diferentes corresponden a diferencias significativas a un nivel de confianza del 95 % (test de Tukey, $n = 100$ nymphs/treatment).

Discusión

En este trabajo evaluamos preferencias de alimentación y oviposición de la chinche del eucalipto a diferentes especies de plantas hospederas y ante la potencial competencia por coespecíficos u otro fitófago picosuctor. Los bioensayos de preferencia demostraron que las hembras de *T. peregrinus* pueden discriminar entre especies de *Eucalyptus* species, y que prefieren alimentarse en hojas adultas sobre hojas juveniles. Sin embargo parecen recurrir a diferentes criterios para seleccionar una planta para oviponer. Mientras que *E. grandis* fue preferida como fuente de alimento por encima de *E. tereticornis*, se observó lo contrario en lo que refiere a preferencia de oviposición. En forma similar, el estado de desarrollo foliar

claramente determinó la selección de alimentación, pero no hubo diferencias en la oviposición entre hojas juveniles o adultas de *E. tereticornis*. Por otra parte, nuestros resultados experimentales demuestran una preferencia de oviposición de la chinche del eucalipto por sitios ya colonizados por el psílido de lerp y un desempeño reducido de las ninfas en esos sitios. Si bien el menor desempeño de las ninfas como resultado de la presencia simultánea de *G. brimblecombei* sugiere alguna forma de competencia entre las dos especies, nuestros resultados también muestran que las ninfas aumentan sus tasas de supervivencia y acortan su desarrollo inicial ante la presencia de lerps. Vistos como un todo estos resultados indican que la chinche del eucalipto selecciona

sus sitios de oviposición con criterios independientes a los que utiliza para seleccionar sus sitios de alimentación, y que para esto evalúa información intrínseca de la planta (especie, desarrollo foliar) así como derivada de la presencia de otros herbívoros, co-específicos y heteroespecíficos.

Se han reportado discrepancias entre los sitios de oviposición y de alimentación adulta para el escarabajo defoliador especialista en eucaliptos *Chrysophtharta agricola* (Chapuis) (Chrysomelidae) (Lawrence *et al.*, 2003; Nahrung & Allen, 2003), el coccinélido herbívoro *Henosepilachna niponica* (Lewis) (Fujiyama *et al.*, 2008), y la chinche *Lygocoris pabulinus* (L.) (Groot *et al.*, 2003). En estos casos los criterios dispares se han atribuido a requerimientos nutricionales diferentes entre los adultos y los estadios inmaduros, un escenario que no se puede descartar en *T. peregrinus*. Alternativamente la dureza o la química de la hoja, así como la diferencia en esos atributos entre el follaje adulto y juvenil en *Eucalyptus* pueden afectar las elecciones de alimentación y oviposición y consecuentemente la preferencia de adultos y ninfas de *T. peregrinus* con respecto al estado de desarrollo foliar, tal como ha sido observado en otros insectos de *Eucalyptus* (Brennan *et al.*, 2001; Brennan & Weinbaum, 2001a,b; Lawrence *et al.*, 2003).

La selección de planta hospedera de las hembras de *T. peregrinus* fue afectada positivamente por la presencia previa de coespecíficos. Existen abundantes evidencias empíricas que demuestran que algunos insectos recurren a claves químicas relacionadas a la presencia de coespecíficos a los efectos de seleccionar una planta ya colonizada (Schoonhoven *et al.*, 2005). El presente estudio demuestra que las hembras de *T. peregrinus* prefieren alimentarse en hojas previamente colonizadas por otras hembras, aún en bajas densidades. Sin embargo la preferencia de oviposición por sitios colonizados se verificó únicamente en altas densidades de hembras, lo que una vez más sugiere criterios diferentes para la selección de sustratos de alimentación u oviposición por parte de las hem-

bras. Tal vez la agregación de los neonatos pueda ser el factor que explique la selección de las hembras de hojas previamente colonizadas como sitios de oviposición, en lugar del valor nutricional de las plantas, ya que la agregación en instares tempranos puede ser beneficiosa para una mejor explotación de los recursos alimentarios por parte de la cría, así como para la defensa contra enemigos naturales (Tullberg *et al.*, 2000; Wertheim *et al.*, 2005). De hecho los neonatos son altamente móviles y pueden fácilmente reubicarse dentro de una rama (Wilcken *et al.*, 2010), y también tienden a agregarse en condiciones tanto de campo como de laboratorio (H Groba, G Martínez & A González, datos s/publicar).

La colonización previa por coespecíficos puede resultar en la producción de claves químicas volátiles y no volátiles por parte de la planta. Martins & Zarbin (2013) demostraron que el daño de *T. peregrinus* dispara la liberación de volátiles por las hojas de *E. benthamii*, los cuales funcionan como deterrentes para las hembras grávidas en condiciones de laboratorio. Si bien este resultado parece contradecir los obtenidos en nuestro estudio, nuestro diseño experimental tenía como objetivo evaluar compuestos en la superficie de las hojas, por lo que consistía en un sistema cerrado con el insecto caminando sobre cuadrados foliares. En lo que respecta a compuestos de superficie, se ha encontrado que algunos compuestos no polares obtenidos de las ceras epicuticulares de las hojas median la selección de sitios de oviposición en otros insectos como la polilla del algodón *Ostrinia nubilalis* (Hübner) en plantas de maíz (Udayagiri & Mason, 1997) o algunas especies de psílidos en eucaliptos (Brennan & Weinbaum, 2001a,b).

Evaluamos el desempeño de las ninfas en los diferentes hospederos bajo la suposición de que la selección de sitios de oviposición juega un rol en el futuro fitness de las crías. Nos enfocamos en el desarrollo y la supervivencia ninfal y encontramos un vínculo entre estos parámetros y las preferencias de las madres. En general el desempeño de *T. peregrinus* fue

mejor en *E. tereticornis* que en las otras dos especies de *Eucalyptus*. Particularmente *E. grandis* demostró ser una fuente de alimento sub óptima para las ninfas de *T. peregrinus*, lo que se manifestó en tasas de mortalidad más altas (particularmente en los primeros instars) y un mayor tiempo de desarrollo. Estos resultados están claramente alineados a las preferencias de oviposición y por lo tanto el rechazo de *E. grandis* como substrato de oviposición puede ser considerado una decisión del tipo “las madres saben lo mejor”, en la cual el valor nutricional de la planta hospedera juega el rol principal. En el caso de *E. benthamii* los resultados no son tan claros; mientras que las chinches experimentaron altas mortalidades durante los primeros instars y un desarrollo más lento durante el primer instar, el desarrollo total fue tan corto como en *E. tereticornis*. En consonancia con esto, las hembras de *T. peregrinus* no presentaron diferencias en las preferencias de alimentación y oviposición por *E. benthamii* en comparación con *E. tereticornis*. Cabe destacar que de acuerdo al monitoreo nacional en trampas amarillas *E. benthamii* ha sido el hospedero que ha registrado las mayores capturas históricas de la chinche si bien *E. tereticornis* está subrepresentado en este sistema (Martínez & Scoz, 2010; Martínez & Gómez, 2012, 2014). Finalmente el desempeño de las ninfas en *E. tereticornis* expuesto a coespecíficos fue similar al de las hojas sanas durante los primeros instars pero la mortalidad y el tiempo de desarrollo crecieron en los últimos instars, lo cual evidencia una vez más una pobre correlación con las preferencias de alimentación y oviposición.

Las hembras de la chinche del eucalipto pusieron más huevos en hojas infestadas por el psílido pero no se observó esa preferencia en su alimentación. En forma similar a nuestros hallazgos con respecto a la presencia de coespecíficos, encontramos en este caso una preferencia por hojas con lerps por encima de las hojas sanas solo en lo que respecta a la selección de oviposición (Martínez *et al.*, 2017b). Nuestros resultados confirman que las hembras de *T. peregrinus* también

incluyen la presencia de *G. brimblecombei* como un criterio para seleccionar sitios de oviposición.

A primera vista la selección de hojas con lerps como un sitio de oviposición por parte de las hembras de la chinche no parece resultar en un desempeño aumentado de sus crías. Por el contrario las ninfas alimentadas con hojas sanas se desarrollaron más rápido que aquéllas colonizadas por el psílido. El peor desempeño se observó en hojas infestadas cuyos lerps habían sido removidos, lo cual resultó en los menores valores de desarrollo y supervivencia. El impacto negativo de la presencia de *G. brimblecombei* puede darse como resultado de cambios inducidos en la química de la planta o un descenso general de los recursos disponibles para la chinche del eucalipto a raíz de la competencia. Ciertamente los psílicos afectan sus plantas hospederas debido a la remoción de savia y la reducción de la fotosíntesis como consecuencia de la construcción de lerps y de la excreción de mielecilla que favorece el crecimiento de fumagina (Hollis, 2004). Las especies dentro del género *Glycaspis* se han reportado como floeófagas, es decir, que se alimentan de savia floemática (Moore, 1964; Sharma *et al.*, 2013). La alimentación del género relacionado *Cardiaspina* induce senescencia prematura en las hojas de su hospedero *Eucalyptus moluccana* Roxb. (Steinbauer *et al.*, 2014). De la misma manera en nuestro sistema de estudio observamos manchas cloróticas en la superficie de la hoja, por debajo de los lerps lo que sugiere que podría haber una senescencia inducida por *G. brimblecombei*. Todos estos cambios podrían explicar el desempeño más pobre de la chinche del eucalipto en plantas expuestas al psílido de lerp.

La presencia de lerps mejora el desempeño de las ninfas de *T. peregrinus*. Aun cuando la duración del primer instar ninfal fue más larga en hojas expuestas al psílido que en hojas sanas, no encontramos efectos en la sobrevivencia cuando los lerps estaban presentes. En nuestro diseño experimental usamos

secciones foliares provenientes de hojas con una infestación entre moderada y severa, por lo que presumimos que las respuestas inducidas por la planta como consecuencia de la herbivoría por *G. brimblecombei* deberían estar presentes, independientemente de la remoción o no del lerp. Sin embargo un impacto en contraposición positivo podría ser consecuencia del rico contenido en azúcares del lerp. Cabe destacar que el uso de lerps como fuente de alimento ha sido reportada en aves (Oliver, 1998; Florence, 2005) en incluso en poblaciones de aborígenes australianos (Turner *et al.*, 1994), aunque no pudimos encontrar evidencias previas en la literatura de su uso por otros insectos. De todos modos, nosotros observamos con frecuencia durante este estudio tanto adultos como juveniles alimentándose directamente en los lerps (figura 1A) y también que los huevos puestos en hojas con lerps fueron casi exclusivamente depositados cerca o adyacentes a un lerp. Por lo tanto es probable que las ninfas de la chinche del eucalipto mejoren su desempeño por alimentarse en los lerps, en comparación con aquéllas criadas en hojas atacadas por *G. brimblecombei* pero de las cuales los lerps han sido removidos.

Nuestros experimentos fueron realizados entre diciembre y febrero, luego del pico poblacional de *G. brimblecombei* y anterior al pico poblacional de *T. peregrinus*. Se evitó específicamente el fin del verano porque éste es el periodo en el que los árboles están expuestos a las enfermedades foliares en Uruguay (Balmelli *et al.*, 2013; Soria *et al.*, 2014). Por lo tanto el desempeño de las ninfas de la chinche fue evaluado bajo dos escenarios: hojas sanas como un recurso ideal y una situación potencialmente sub óptima con la presencia simultánea de otro herbívoro. Sin embargo durante el pico poblacional a fines

del verano, cuando la calidad nutricional de las hojas puede estar reducida debido a la concurrencia de numerosas plagas y enfermedades, la aparente contradicción entre la elección de la madre y el desempeño de las ninfas puede resolverse de otra manera. En este escenario la fuente extra de azúcares ofrecida por los lerps podría ser un diferencial para el desempeño de las ninfas. Esta hipótesis requiere de más investigación.

La selección de sitios de oviposición es un proceso jerárquico que opera a varias escalas espaciales, cada una de las cuales provee diferentes claves a las cuales las hembras pueden responder (Vinson, 1976; Visser, 1988; Martínez *et al.*, 2013; Dickins *et al.*, 2013). En nuestro estudio las preferencias de planta hospedera para alimentación y oviposición por parte de las hembras de *T. peregrinus* no presentaron una correlación ajustada, lo cual sugiere que diferentes criterios median estos pasos de selección. Solo en algunas situaciones las preferencias de oviposición pudieron ser asignadas a la hipótesis de preferencia-desempeño pero en otras este vínculo no fue claro, o incluso fue contradictorio. Queda pendiente de estudio si las preferencias de alimentación se correlacionan con una mayor supervivencia de la hembra, lo cual consecuentemente debería afectar su fitness. Nuestro estudio aporta además evidencias de interacciones entre la chinche del eucalipto y el psílido de lerp que no solo tienen un rol en la preferencia de oviposición de *T. peregrinus* sino que también afectan el desempeño de los estados inmaduros. Inicialmente nuestros estudios sugieren que esta interacción es de naturaleza competitiva. Futuros estudios a campo se requieren para validar estos resultados, de cara a la mejora del manejo integrado de la chinche del eucalipto.

REFERENCIAS

- BALMELLI G., SIMETO S., ALTIER N., MARRONI V., DIEZ J.J.** 2013. Long term losses caused by foliar diseases on growth and survival of *Eucalyptus globulus* in Uruguay. *New Forests* 44 (2): 249–263. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9314-z>.
- BENEDICT J.H., LEIGH T.F., HYER A.H.** 1983. *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) Oviposition Behavior, Growth, and Survival in Relation to Cotton Trichome Density. *Environmental Entomology* 12 (2): 331–335.
- BENÍTEZ DÍAZ E.A., SOSA CORONEL R., GODZIEWSKI D.** 2013. Consideraciones sobre dos nuevas plagas del eucalipto en Paraguay, el psílido de la concha o escudo *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) y la chinche marrón *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Paraguay* 17 (1): 72–75.
- BIANCHI M., SÁNCHEZ A.** 2004. *Glycaspis brimblecombei* Moore (Homoptera: Psyllidae). Un nuevo psílido asociado a *Eucalyptus* sp. detectado recientemente en Brasil y Chile. *Forestal. Revista de la Sociedad de Productores Forestales de Uruguay* 24: 8–10.
- BRENNAN E.B., WEINBAUM S.A.** 2001a. Effect of epicuticular wax on adhesion of psyllids to glaucous juvenile and glossy adult leaves of *Eucalyptus globulus* Labillardière. *Australian Journal of Entomology* 40 (3): 270–277.
- BRENNAN E.B., WEINBAUM S.A.** 2001b. Performance of adult psyllids in no-choice experiments on juvenile and adult leaves of *Eucalyptus globulus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 100 (2): 179–185. <https://doi.org/10.1023/A:1019295104902>.
- BRENNAN E.B., WEINBAUM S.A., ROSENHEIM J.A., KARBAN R.** 2001. Heteroblasty in *Eucalyptus globulus* (Myricales: Myricaceae) affects ovipositional and settling preferences of *Ctenarytaina eucalypti* and *C. spatulata* (Homoptera: Psyllidae). *Environmental Entomology* 30 (6): 1144–1149.
- COOK S.M., KHAN Z.R., PICKETT J.A.** 2007. The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual Review of Entomology* 52: 375–400.
- DENNO R.F., PETERSON M.A., GRATTON C., CHENG J., LANGELLOTTO G.A., HUBERTY A.F., FINKE D.L.** 2000. Feeding-induced changes in plant quality mediate interspecific competition between sap-feeding herbivores. *Ecology* 81 (7): 1814–1827.
- DICKE M.** 2000. Chemical ecology of host-plant selection by herbivorous arthropods: a multitrophic perspective. *Biochemical Systematics and Ecology* 28 (7): 601–617. [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(99\)00106-4](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(99)00106-4).
- DICKINS E.L., YALLOP A.R., PEROTTO-BALDIVIESO H.L.** 2013. A multiple-scale analysis of host plant selection in Lepidoptera. *Journal of Insect Conservation* 17 (5): 933–939. <https://doi.org/10.1007/s10841-013-9574-8>.
- ENGLISH-LOEB G.M., COLLIER B.D.** 1987. Nonmigratory movement of adult Harlequin Bugs *Murgantia histrionica* (Hemiptera: Pentatomidae) as affected by sex, age and host plant quality. *American Midland Naturalist* 118 (1): 189–197. <https://doi.org/10.2307/2425642>.
- FAO-MGAP.** 2006. *Plagas y enfermedades de eucaliptos y pinos en el Uruguay*. FAO, Montevideo.
- FIRMINO-WINCKLER D.C., WILCKEN C.F., OLIVEIRA N.C., MATOS C.A.** 2009. Biología do psílido-de-concha *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera, Psyllidae) em *Eucalyptus* spp. *Revista Brasileira de Entomologia* 53 (1): 144–146.

- FLORENCE R.** 2005. Bell-miner-associated dieback: an ecological perspective. *Australian Forestry* 68 (4): 263–266. <https://doi.org/10.1080/00049158.2005.10674975>.
- FUJIYAMA N., TORII C., AKABANE M., KATAKURA H.** 2008. Oviposition site selection by herbivorous beetles: a comparison of two thistle feeders, *Cassida rubiginosa* and *Hemosepilachna niponica*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 128 (1): 41–48. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2008.00712.x>.
- GRIPENBERG S., MAYHEW P.J., PARNELL M., ROSLIN T.** 2010. A meta-analysis of preference-performance relationships in phytophagous insects. *Ecology Letters* 13 (3): 383–393. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01433.x>.
- GROOT A.T., HEIJBOER A., VISSER J.H., DICKE M.** 2003. Oviposition preference of *Lygocoris pabulinus* (Het., Miridae) in relation to plants and conspecifics. *Journal of Applied Entomology* 127 (2): 65–71. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2003.00669.x>.
- GROSTAL P., DICKE M.** 1999. Direct and indirect cues of predation risk influence behavior and reproduction of prey: a case for acarine interactions. *Behavioral Ecology* 10 (4): 422–427.
- HIRAYAMA H., KASUYA E.** 2009. Oviposition depth in response to egg parasitism in the water strider: High-risk experience promotes deeper oviposition. *Animal Behaviour* 78 (4): 935–941. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.07.019>.
- HOLLIS D.**, 2004. Australian psylloidea: jumping plantlice and lerp insects. Australian Biological Resources Study, Canberra.
- HUANG W., ROBERT C.A.M., HERVÉ M.R., HU L., BONT Z., ERB M.** 2017. A mechanism for sequence specificity in plant-mediated interactions between herbivores. *New Phytologist* 214 (1): 169–179. <https://doi.org/10.1111/nph.14328>.
- IDE S., RUIZ C., SANDOVAL A., VALENZUELA J.** 2011. Detección de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) asociado a *Eucalyptus* spp. en Chile. *Bosque* 32 (3): 309–313. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000300012>.
- JAENIKE J.** 1978. On optimal oviposition behavior in phytophagous insects. *Theoretical Population Biology* 14 (3): 350–356. [https://doi.org/10.1016/0040-5809\(78\)90012-6](https://doi.org/10.1016/0040-5809(78)90012-6).
- KAPLAN I., DENNO R.F.** 2007. Interspecific interactions in phytophagous insects revisited: a quantitative assessment of competition theory. *Ecology Letters* 10 (10): 977–994. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01093.x>.
- KARBAN R., BALDWIN I.T.** 1997. Induced responses to herbivory. University of Chicago Press, Chicago.
- KARBAN R., GROF-TISZA P., HOLYOAK M.** 2012. Facilitation of tiger moths by out-breaking tussock moths that share the same host plants. *Journal of Animal Ecology* 81 (5): 1095–1102. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.01993.x>.
- KESSLER A., BALDWIN I.T.** 2004. Herbivore-induced plant vaccination. Part I. The orchestration of plant defenses in nature and their fitness consequences in the wild tobacco *Nicotiana attenuata*. *The Plant Journal* 38 (4): 639–649. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2004.02076.x>.
- KIRITANI K., HOKYO N., KIMURA K., NAKASUJI F.** 1965. Imaginal dispersal of the Southern Green Stink Bug *Nezara viridula* L., in relation to feeding and oviposition. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* 9 (4): 291–297.

- KROES A., STAM J.M., DAVID A., BOLAND W., VAN LOON J.J.A., DICKE M., POELMAN E.H.** 2016. Plant-mediated interactions between two herbivores differentially affect a subsequently arriving third herbivore in populations of wild cabbage. *Plant Biology* 18 (6): 981–991. <https://doi.org/10.1111/plb.12490>.
- LAWRENCE R., POTTS B.M., WHITHAM T.G.** 2003. Relative Importance of Plant Ontogeny, Host Genetic Variation, and Leaf Age for a Common Herbivore. *Ecology* 84 (5): 1171–1178.
- LUNDGREN J.G.** 2011. Reproductive ecology of predaceous Heteroptera. *Biological Control* 59 (1): 37–52. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.02.009>.
- LUNDGREN J.G., FERGEN J.K., RIELLE W.E.** 2008. The influence of plant anatomy on oviposition and reproductive success of the omnivorous bug *Orius insidiosus*. *Animal Behaviour* 75 (4): 1495–1502. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.09.029>.
- MARTÍNEZ G.** 2017. Mothers in the woods: Multitrophic interactions and oviposition preference in the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*, a pest of *Eucalyptus*. PhD Thesis. Wageningen University and Research Centre, Wageningen, Netherlands.
- MARTÍNEZ G., BIANCHI M.** 2010. Primer registro para Uruguay de la chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpenter y Dellapé, 2006 (Heteroptera: Thaumastocoridae). *Agrociencia* 14 (1): 15–18.
- MARTÍNEZ G., FINOZZI M.V., CANTERO G., SOLER R., DICKE M., GONZÁLEZ A.** 2017a. Oviposition preference but not adult feeding preference matches with offspring performance in the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 163 (1): 101–111. <https://doi.org/10.1111/eea.12554>.
- MARTÍNEZ G., GÓMEZ D.** 2012. Monitoreo de la chinche del eucalipto en Uruguay: Situación a Abril de 2012. INIA - CECOPE, Tacuarembó.
- MARTÍNEZ G., GÓMEZ D.** 2014. *Monitoreo de trampas amarillas*. INIA - CECOPE, Tacuarembó.
- MARTÍNEZ G., GONZÁLEZ A., DICKE M.** 2017b. Effect of the eucalypt lerp psyllid *Glycaspis brimblecombei* on adult feeding, oviposition-site selection and offspring performance by the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* (in prensa).
- MARTÍNEZ G., LÓPEZ L., CANTERO G., GONZÁLEZ A., DICKE M.** 2014. Life-history analysis of *Thaumastocoris peregrinus* in a newly designed mass rearing strategy. *Bulletin of Insectology* 67 (2): 199–205.
- MARTÍNEZ G., SCOZ R.** 2010. Monitoreo de la chinche del eucalipto en Uruguay. INIA - CECOPE, Tacuarembó.
- MARTÍNEZ G., SOLER R., DICKE M.** 2013. Behavioral ecology of oviposition-site selection in herbivorous true bugs. In: *Advances in the Study of Behavior*. Elsevier, pp. 175–207.
- MARTINS C.B.C., ZARBIN P.H.G.** 2013. Volatile organic compounds of conspecific-damaged *Eucalyptus benthamii* influence responses of mated females of *Thaumastocoris peregrinus*. *Journal of Chemical Ecology* 39 (5): 602–611. <https://doi.org/10.1007/s10886-013-0287-y>.
- MAYHEW P.J.** 1997. Adaptive patterns of host-plant selection by phytophagous insects. *Oikos* 79 (3): 417–428. <https://doi.org/10.2307/3546884>.
- MOORE K.M.** 1964. Observations on some Australian forest insects. 18. Four new species of *Glycaspis* (Homoptera: Psyllidae) from Queensland. *Proceedings of The Linnean Society of New South Wales* 89: 163–166.

- MURPHY D.D.** 1983. Nectar sources as constraints on the distribution of egg masses by the checkerspot butterfly, *Euphydryas chalcedona* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Environmental Entomology* 12 (2): 463–466.
- NADEL R.L., NOACK A.E.** 2012. Current understanding of the biology of *Thaumastocoris peregrinus* in the quest for a management strategy. *International Journal of Pest Management* 58 (3): 257–266. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.659228>.
- NAHRUNG H.F., ALLEN G.R.** 2003. Intra-plant host selection, oviposition preference and larval survival of *Chrysophtharta agricola* (Chapuis) (Coleoptera: Chrysomelidae: Paropsini) between foliage types of a heterophyllous host. *Agricultural and Forest entomology* 5 (2): 155–162. <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2003.00172.x>.
- OHGUSHI T.** 2005. Indirect interaction webs: Herbivore-induced effects through trait change in plants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 36: 81–105.
- OHSAKI N., SATO Y.** 1994. Food plant choice of Pieris butterflies as a trade-off between parasitoid avoidance and quality of plants. *Ecology* 75 (1): 59–68. <https://doi.org/10.2307/1939382>.
- OLIVER D.L.** 1998. The importance of insects and lerp in the diet of juvenile regent honeyeaters, *Xanthomyza phrygia*: implications for the conservation of an endangered woodland bird. *Wildlife Research* 25 (4): 409–417. <https://doi.org/10.1071/wr97078>.
- PETO R., PETO J.** 1972. Asymptotically efficient rank invariant test procedures. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)* 135 (2): 185–207. <https://doi.org/10.2307/2344317>.
- POELMAN E.H., VAN LOON J.J.A., DICKE M.** 2008. Consequences of variation in plant defense for biodiversity at higher trophic levels. *Trends in Plant Science* 13 (10): 534–541. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.08.003>.
- POTTS B.M., WILTSHIRE R.J.E.** 1997. Eucalypt genetics and genecology. In: Williams JE., Woinarksi JCZ, eds. *Eucalypt ecology: individuals to ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 56–91.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM,** 2009. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria.
- RENWICK J.A.A., CHEW F.S.** 1994. Oviposition behavior in Lepidoptera. *Annual Review of Entomology* 39 (1): 377–400.
- SANTANA D.L. DE Q., BURCKHARDT D.** 2007. Introduced *Eucalyptus* psyllids in Brazil. *Journal of Forest Research* 12 (5): 337–344. <https://doi.org/10.1007/s10310-007-0035-7>.
- SCHEIRS J., DE BRUYN L.** 2002. Integrating optimal foraging and optimal oviposition theory in plant-insect research. *Oikos* 96 (1): 187–191. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.960121.x>.
- SCHOONHOVEN L.M., VAN LOON J.J.A., DICKE M.** 2005. *Insect-plant biology*. Oxford University Press, Oxford; New York.
- SHARMA A., RAMAN A., TAYLOR G., FLETCHER M.** 2013. Nymphal development and lerp construction of *Glycaspis* sp. (Hemiptera: Psylloidea) on *Eucalyptus sideroxylon* (Myrtaceae) in central-west New South Wales, Australia. *Arthropod Structure & Development* 42 (6): 551–564. <https://doi.org/10.1016/j.asd.2013.07.005>.
- SOLER R., BADENES PÉREZ F.R., BROEKGAARDEN C., ZHENG S.-J., DAVID A., BOLAND W., DICKE M.** 2012. Plant mediated facilitation between a leaf feeding and a phloem feeding insect in a brassicaceous plant: from insect performance to gene transcription. *Functional Ecology* 26 (1): 156–166. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2011.01902.x>.

- SOLIMAN E.P., WILCKEN C.F., PEREIRA J.M., DIAS T.K.R., ZACHÉ B., DAL POGETTO M.H.F.A., BARBOSA L.R.** 2012. Biology of *Thaumastocoris peregrinus* in different *Eucalyptus* species and hybrids. *Phytoparasitica* 40 (3): 223–230. <https://doi.org/10.1007/s12600-012-0226-4>.
- SORIA S., ALONSO R., BETTUCCI L., LUPO S.** 2014. First report of *Teratosphaeria pseudoeucalypti* in Uruguay. *Australasian Plant Disease Notes* 9 (1). <https://doi.org/10.1007/s13314-014-0146-x>.
- STAM J.M., KROES A., LI Y., GOLS R., LOON J.J.A. VAN, POELMAN E.H., DICKE M.** 2014. Plant interactions with multiple insect herbivores: From community to genes. *Annual Review of Plant Biology* 65 (1): 689–713. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-035937>.
- STEINBAUER M.J., BURNS A.E., HALL A., RIEGLER M., TAYLOR G.S.** 2014. Nutritional enhancement of leaves by a psyllid through senescence-like processes: insect manipulation or plant defence? *Oecologia* 176 (4): 1061–1074. <https://doi.org/10.1007/s00442-014-3087-3>.
- STEPHENS D.W., KREBS J.R.** 1986. Foraging theory. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- THOMPSON J.N.**, 1988. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 47 (1): 3–14.
- THOMPSON J.N., PELLMYR O.** 1991. Evolution of oviposition behavior and host preference in Lepidoptera. *Annual Review of Entomology* 36 (1): 65–89. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.36.010191.000433>.
- TULLBERG B.S., LEIMAR O., STILLE G.G.** 2000. Did aggregation favour the initial evolution of warning coloration? A novel world revisited. *Animal Behaviour* 59 (2): 281–287. <https://doi.org/10.1006/anbe.1999.1302>.
- TURNER M.K., HENDERSON J., DOBSON S.** 1994. Arrernte foods : foods from Central Australia = Nhenhe-areye anwerne-arle arlkweme. Alice Springs, N.T. : : IAD Press.
- UDAYAGIRIS., MASON C.E.** 1997. Epicuticular Wax Chemicals in Zea mays Influence Oviposition in *Ostrinia nubilalis*. *Journal of Chemical Ecology* 23 (7): 1675–1687. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000006443.72203.f7>.
- UDAYAGIRI S., WELTER S.C.** 2000. Escape of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) eggs from parasitism by *Anaphes iole* (Hymenoptera: Mymaridae) in strawberries: Plant structure effects. *Biological Control* 17 (3): 234–242. <https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0802>.
- VENTURA M.U., PANIZZI A.R.** 2003. Population dynamics, gregarious behaviour and oviposition preference of *Neomegalotomus parvus* (Wetwood) (Hemiptera: Heteroptera: Alydidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46 (1): 33–39.
- VINSON S.B.** 1976. Host selection by insect parasitoids. *Annual Review of Entomology* 21 (1): 109–133. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.21.010176.000545>.
- VISSER J.H.** 1988. Host-plant finding by insects: Orientation, sensory input and search patterns. *Journal of Insect Physiology* 34 (3): 259–268. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(88\)90056-X](https://doi.org/10.1016/0022-1910(88)90056-X).
- WERTHEIM B., VAN BAALEN E.J.A., DICKE M., VET L.E.M.** 2005. Pheromone-mediated aggregation in non social arthropods: An evolutionary ecological perspective. *Annual Review of Entomology* 50 (1): 321–346. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.061802.123329>.
- WILCKEN C.F., SOLIMAN E.P., DE SÁ L.A.N., BARBOSA L.R., DIAS T.K.R., FERREIRA-FILHO P.J., OLIVEIRA R.J.R.** 2010. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution. *Journal of Plant Protection Research* 50 (2): 201–205.

5. Hacia un programa de control biológico de la chinche del eucalipto con *Cleruchoides noackae*

Towards a Biological Control programme of the bronze bug with Cleruchoides noackae.

Gonzalo Martínez¹¹, Andrés González¹² & Marcel Dicke¹³

(Este artículo es una transcripción adaptada y traducida de Martínez, 2017)

RESUMEN

El control biológico es la herramienta principal para el manejo de plagas forestales. Iniciamos un programa de control biológico para la chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* con la avispa parasitoide de huevos *Cleruchoides noackae*. Se importaron huevos parasitados desde una cría masiva en Brasil y se inició una colonia de cría. Las avispas fueron criadas en tubos de plástico con huevos del hospedero y una solución de agua y miel. Durante 30 generaciones, se comparó un conjunto de parámetros de calidad contra estándares establecidos a priori. También evaluamos el efecto de la temperatura sobre el tiempo de desarrollo, la relación entre el aborto de huevos y la exposición previa a *C. noackae*, así como la variación temporal de la razón sexual de los emergentes en una generación dada. A partir de marzo de 2013 y durante varios veranos se realizaron liberaciones a campo en plantaciones comerciales y campos experimentales. Las tasas de emergencia y de supervivencia fueron estables o se incrementaron a lo largo de 30 generaciones. La razón sexual mostró una ligera desviación hacia las hembras. El ciclo se enlenteció a 18° C con respecto a la cría a 22°C pero sin afectar la productividad. El aborto de huevos del hospedero se incrementó como consecuencia de la exposición al parasitoide. La proporción de hembras aumentó a medida que progresó el periodo de emergencia en una generación. Relevamientos a campo en dos sitios revelaron que las avispas sobrevi-

vieron por dos años. Los parasitoides colectados a campo presentaron mejores índices de calidad que los de la cría de laboratorio. Estos resultados confirman que implementar un programa de control biológico de la chinche del eucalipto con *C. noackae* es factible con este protocolo de cría y liberación.

Palabras clave:

Thaumastocoris peregrinus; *Eucalyptus*; liberación inundativa; Thaumastocoridae; Forrestación; Uruguay; calidad de cría.

ABSTRACT

Biological Control is a major tool for forest insect pest management. We initiated a *Biological Control* program for the *Eucalyptus* bronze bug, *Thaumastocoris peregrinus*, with the egg parasitoid *Cleruchoides noackae*. Parasitized eggs were imported from a mass rearing in Brazil, and a rearing colony was set up. The wasp was reared in plastic tubes each containing ten individuals that were offered eggs of the bronze bug and a solution of water and honey. During 30 generations, we assessed rearing quality parameters and compared them against expected quality standards set a priori. We also assessed the effect of temperature on developmental time, as well as the relation between host-egg abortion and parasitization by *C. noackae*, and the sex ratio of the emergent wasps within a single generation. Field releases were made yearly during summers in commercial plantations, starting in March 2013. Survival and emergence rates were either stable or

¹¹ Dr Gonzalo Martínez. Laboratorio de Entomología. Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal. INIA. Tacuarembó. gmartinez@tb.inia.org.uy

¹² Dr Andrés González. Laboratorio de Ecología Química. Facultad de Química. Universidad de la República.

¹³ Prof. Dr Marcel Dicke. Laboratory of Entomology. Wageningen University and Research. Países Bajos

increased throughout 30 generations. Sex ratio was female-biased. Rearing at 18 °C took longer than at 22 °C, but productivity was similar. Host-egg abortion was increased by parasitization. The proportion of females increased as the emergence period progressed. Field surveys in two sites revealed that the wasp survived for two years. Field-collected parasitoids exhibited better quality indices than that of the laboratory rearing. These results confirm that *Biological Control* of the bronze bug with *C. noackae* is feasible with this rearing and release protocol.

Keywords:

Thaumastocoris peregrinus; *Eucalyptus*; inoculative release; Thaumastocoridae; tree plantation; Uruguay; rearing quality.

AGRADECIMIENTOS

La introducción de *C. noackae* a Uruguay fue posible gracias al “Plan regional de vigilancia y control de la chinche de los eucaliptos” (CO-SAVE) y al proyecto cooperativo “Nivelación de las capacidades regionales para el control biológico de la chinche del eucalipto” (PROCI-SUR). Agradecemos al IPEF que hizo posible la importación de *C. noackae* a Brasil y en especial a Edson Iede y a Leonardo Barbosa de EMBRAPA Florestas (Brasil) quienes generosamente ofrecieron entrenamiento en sus sistemas de cría y proveyeron individuos para la fundación de nuestra primera colonia de cría en Uruguay. Reconocemos asimismo a la Sociedad de Productores Forestales por la provisión de sitios de liberación y la información sobre la red de monitoreo. Este estudio no podría haber sido posible sin el trabajo del equipo de cría del Laboratorio de Entomología de INIA Tacuarembó.

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad de las plantaciones de eucaliptos se ha visto amenazada en forma creciente en todo el mundo en las últimas décadas a debido a la invasión de insectos australianos en nuevas áreas plantadas como consecuencia del comercio mundial y del cambio climático (Wingfield *et al.*, 2008;

Paine *et al.*, 2011). Para enfrentar esta amenaza se requiere un fortalecimiento de las medidas de cuarentena y de las estrategias de manejo de plagas a escala global (Wingfield *et al.*, 2015). Sin embargo las técnicas de manejo de plagas que involucran el uso de insecticidas de síntesis están fuertemente restringidas en el marco de esquemas de certificación tales como el Forest Stewardship Council (FSC) debido a los costos económicos y al riesgo que los pesticidas representan para las personas y el ambiente (Willoughby *et al.*, 2009). Las alternativas al uso de insecticidas utilizadas en plantaciones comerciales incluyen las operaciones silvícolas (Klapwijk *et al.*, 2016), el uso de semioquímicos (Nadel *et al.*, 2012b), y el control biológico. Este último representa la mayor contribución al manejo de plagas en los sistemas forestales (Protasov *et al.*, 2007; Garnas *et al.*, 2012; Dittrich-Schröder *et al.*, 2014; Slippers *et al.*, 2015).

En el inicio de un programa de control biológico los esfuerzos de investigación deben canalizarse hacia la producción del agente de control biológico en forma fácil, eficaz y en cantidades adecuadas (Chambers, 1977; Van Lenteren, 2003). La confección de estimadores de calidad es importante para monitorizar el estado de una colonia de cría y lidiar con eventuales problemas tales como la depresión por endocría o la adaptación a las condiciones de laboratorio (Chambers, 1977; Bigler, 1989; Van Lenteren, 2003). Por ejemplo es esencial realizar un monitoreo permanente de la razón sexual de la colonia para evitar el exceso de machos, lo cual podría afectar la sustentabilidad de la cría en el futuro y la eficacia del control por los agentes liberados (Heimpel & Lundgren, 2000). Cuando el agente a ser liberado se encuentra en huevos o pupas parasitados en lugar de ser adultos libres, es crucial poder estimar el número de agentes que serán efectivamente liberados (Van Lenteren, 2003).

Una de las plagas invasivas que afectan plantaciones de eucaliptos en todo el mundo es la chinche del eucalipto *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero et Dellape (Heteroptera: Thaumastocoridae). Se trata de un pequeño

insecto picosuctor que se alimenta de hojas adultas dentro de los géneros *Eucalyptus* y *Corymbia*, causando clorosis de las hojas, aumento del estrés y en casos severos defoliación o incluso muerte de árboles en pie (Nadel & Noack, 2012). *Cleruchooides noackae* Lin Huber et La Salle (Hymenoptera: Mymaridae) es un parasitoide de huevos de *T. peregrinus* (Lin et al., 2007). Esta avispa es capaz de parasitar huevos de la chinche del eucalipto de hasta tres días (Mutitu et al., 2013). El adulto puede vivir entre dos o tres días si es alimentado con una solución de miel y agua (Mutitu et al., 2013; Souza et al., 2016). Dado el potencial de *C. noackae* como agente de control biológico para la chinche del eucalipto, se instalaron colonias de cría en Sudáfrica (Mutitu et al., 2013) y Brasil (Souza et al., 2016). En Chile se realizó la importación del parasitoide desde Australia, se crió durante dos generaciones y se liberó al ambiente en lo que constituye la primera liberación de *C. noackae* fuera de su rango de distribución natural (Jaques, 2010). El rango térmico óptimo para el desarrollo de *C. noackae* fue determinado entre 15 °C y 25 °C (Mutitu et al., 2013; Souza et al., 2016) pero la duración de los estadios inmaduros a diferentes temperaturas no ha sido reportada.

A los efectos de iniciar un programa de control biológico para la chinche del eucalipto en Uruguay se instaló una colonia de cría de *C. noackae* y se liberaron en forma periódica avispas en el campo. En este trabajo se reportan los resultados luego de 4 años de cría continua y se reporta por primera vez la presencia de poblaciones silvestres de la avispa en Uruguay.

MATERIAL Y MÉTODOS

Primera introducción e instalación de la cría *Cleruchooides noackae* fue introducido por primera vez en Uruguay el 22 de febrero de 2013, procedente de una colonia de cría *in vitro* instalada en EMBRAPA Florestas (Curitiba, Brasil). Se importó un total de 24 tubos, cada uno conteniendo 100 huevos de *T. peregrinus* expuestos a diez avispas adultas de *C. noackae* que correspondían a la octava

generación emergida en Brasil luego de su introducción desde Australia. Se siguieron los procedimientos oficiales de importación y se obtuvieron los permisos de cría y liberación requeridos por la NIMF 3 y los estándares regionales de COSAVE (COSAVE,; FAO, 2005). Esta actividad fue posible en el marco del proyecto PROCISUR. La mitad de los tubos fue inmediatamente liberada en dos plantaciones comerciales de *Eucalyptus* (Sitios 1 y 2, Tabla 1). Los restantes 12 tubos produjeron 180 hembras y 87 machos de *C. noackae* (novena generación), individuos que fueron los fundadores de la colonia de cría. El parasitoide fue criado en su hospedero natural (huevos de *T. peregrinus*) que fueron suministrados a partir de una cría masiva permanente previamente instalada en INIA Tacuarembó, Uruguay ((Martínez et al., 2014). Se seleccionaron huevos de hasta 48 horas conforme la información proporcionada por estudios previos acerca de la edad óptima para parasitismo de *C. noackae* (Mutitu et al., 2013).

Esta colonia de cría de *C. noackae* (a la que nos referiremos como Colonia 1) fue mantenida desde marzo de 2013 a noviembre de 2014 y abarcó las generaciones 10 a 40 siguiendo la cuenta iniciada en Brasil. Las avispas fueron multiplicadas en tubos de plástico (3 cm de diámetro por 7 cm de altura, "tubos de cría") cerrados con una tapa plástica perforada que fue cubierta con tul fino (Figura 1A). Cada tubo de cría fue rellenado con 100 huevos de *T. peregrinus* y 10 individuos adultos recién emergidos de *C. noackae*. Una tira de papel embebida en una solución acuosa de 50 % miel fue colocada como fuente de alimento. Los tubos de cría fueron colocados una vez montados en una cámara de cría (Daihan Wisd SWGC-450) a 22 ± 1 °C, 65 ± 1 % H.R. y fotoperiodo 12:12 h). Los tubos fueron abiertos 8 días después, se contaron las ninfas y las avispas fueron sexadas bajo una lupa (Olympus SZH). A partir del día 18, cada tubo de cría fue inspeccionado para registrar emergencias hasta verificar tres días consecutivos sin emergencia. Las avispas emergidas fueron contadas y sexadas, y asignadas a tubos de cría de la nueva generación.

Una nueva colonia de cría se fundó en 2015 con 547 hembras y 83 machos que emergieron en el laboratorio de oviposuras colectadas en el campo (ver más abajo). Nombramos como primera generación

a las avispas que emergieron de esa generación de fundadores (generación cero). Aquí analizamos datos de las generaciones 0 a 31, a las cuales nos referiremos como **Colonia 2**.

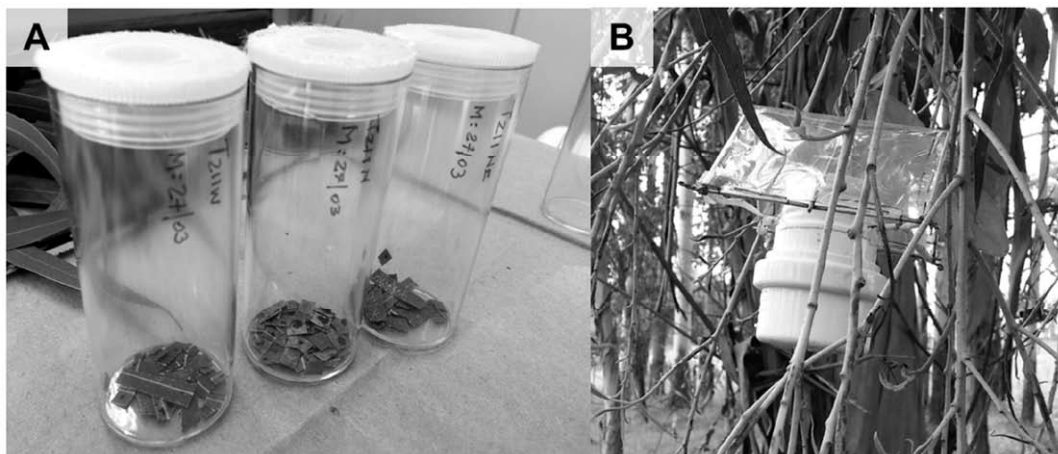


Figura 1. Dispositivos utilizados para la cría y la liberación. A) Tubos de cría de *Cleruchoides noackae*. B) Dispositivo de liberación ubicado en una plantación de *Eucalyptus*.

Efecto de la temperatura

La avispa *C. noackae* ha sido criada a 24 ± 2 °C en Sudáfrica (Mutitu *et al.*, 2013) y a 22 °C en Brasil (Leonardo Barbosa com. pers.). Realizamos un experimento para chequear la emergencia a temperaturas más bajas con el objetivo de facilitar la cría de invierno en condiciones uruguayas. Un grupo de avispas emergidas no mayores a 24 horas fueron separadas en grupos de cinco parejas y colocadas en nuevos tubos de cría. Esos tubos fueron aleatoriamente distribuidos en cámaras de cría a 18 ± 1 °C, 20 ± 1 °C o 22 ± 1 °C, a 65 ± 1 % H.R. y 12 h de fotofase. En el día 10 los tubos fueron abiertos y las ninfas y avispas muertas retiradas. A partir de esa fecha inspeccionamos los tubos diariamente y registramos la emergencia hasta verificar 3 días consecutivos sin nuevos emergentes. En total se utilizaron 13.500 huevos de *T. peregrinus* (4500 huevos por tratamiento en 45 tubos).

Aborto inducido por el parasitoide

Los parasitoides de huevo pueden causar la muerte del hospedero sin llegar a repro-

ducirse, lo que lleva a un número mayor de huevos no eclosionados, abortos, cuando se comparan oviposuras expuestas al parasitoide contra oviposuras no expuestas (Abram *et al.*, 2016). Para investigar el efecto de *C. noackae* sobre la mortalidad de los huevos de *T. peregrinus* comparamos la tasa de aborto, calculada como el inverso de la tasa de eclosión (es decir, la proporción de huevos que no produjeron ni ninfas ni avispas), en un conjunto de tubos de cría conteniendo 100 huevos y cinco parejas de *C. noackae* ("expuestos") contra un conjunto similar de huevos no expuestos al parasitoide. En total se prepararon 5 tubos por tratamiento (500 huevos). El experimento se replicó en las generaciones 30, 35 y 40 de la Colonia 1.

Evolución de la razón sexual durante el periodo de emergencia

A los efectos de evaluar si la disponibilidad de hembras permanece constante durante el periodo de emergencia, en y entre generaciones, dividimos el periodo de emergencia de cada generación en mitades y contamos el número total de hembras y machos emer-

gentes en cada periodo. En caso de un número impar de días dentro de una generación se incluyó el día del medio en la segunda mitad, en todos los casos. El experimento fue repetido 10 veces en generaciones pertenecientes a la Colonia 2.

Liberación a campo

La chinche del eucalipto presenta en Uruguay una dinámica marcadamente estacional, con picos que se registran desde el fin del verano hasta principio del otoño (marzo y abril). Luego de las primeras heladas se nota una disminución marcada en las poblaciones, que vuelve al insecto indetectable hasta diciembre (Martínez & Gómez, 2014; Martínez *et al.*, 2014). Avispas de la colonia de cría fueron liberadas en forma periódica en el campo durante el verano a partir de marzo de 2013. Para seleccionar los sitios de liberación utilizamos información de la red nacional de trampas amarillas (Martínez & Gómez, 2014). Se seleccionaron sitios de la red de monitoreo donde se registraran aumentos en las capturas de *T. peregrinus* y esa información se confirmó en consulta directa con los productores *in situ*.

Un grupo de hasta 15 tubos de cría cercanos al día 19 (o sea, justo antes del inicio de las emergencias) fueron transportados a los sitios seleccionados en una conservadora con frío. En el sitio de liberación seleccionamos árboles con oviposturas frescas de la chinche del eucalipto. Los huevos parasitados se transfirieron de los tubos de cría a un dispositivo de liberación que consiste de una cámara donde se alojan los huevos con una abertura superior cubierta con malla para evitar que hormigas y otros depredadores puedan ingresar (pero que permita salir a los parasitoides). Un techo de plástico transparente de dos aguas protege el punto de salida de la lluvia. Tres dispositivos de liberación fueron colgados en árboles seleccionados en cada sitio (Figura 1B), y revisados al año siguiente durante el verano. En la segunda visita colectamos oviposturas de *T. peregrinus* de los árboles donde se colgaron dispositivos de liberación, así como de árboles adyacentes

si se veían huevos en ellos. Las muestras de huevos fueron procesadas en el laboratorio; contamos los huevos no eclosionados y los colocamos en tubos de cría en similares condiciones a las utilizadas en la colonia. Revisamos diariamente los tubos para verificar emergencias y los descartamos luego de un mes.

Análisis de los datos

Para estimar la calidad de la cría calculamos tres índices para cada generación: el porcentaje de emergencia (número de avispas emergidas en relación al total de huevos ofrecidos para parasitar), el porcentaje de supervivencia (número de individuos vivos en relación al total de parasitoides emergidos) y el porcentaje de hembras (número de hembras emergidas en relación al total de avispas emergidas). En la Colonia 1, las avispas emergentes fueron sexadas en una sub-muestra del total de tubos de cría (con un mínimo de 30 tubos por generación). En la Colonia 2, y por practicidad, todos los individuos emergidos en un día dado fueron sexados al final del día (luego de coleccionar todas las avispas emergidas en todos los tubos).

Establecimos estándares mínimos de calidad *a priori* de 20 % para emergencia, 80% para supervivencia y 50% para hembras, basados en información sobre crías *in vitro* en Brasil y Chile. Calculamos intervalos de confianza del 95% para estos índices de calidad siguiendo el procedimiento recomendado por Wajnberg (2003), contra los cuales se compararon los estándares de calidad. También calculamos estos índices para las oviposturas colectadas en el campo, en los casos en los que se verificó emergencia de avispas.

Evaluamos el primer día de emergencia de parasitoides a 18° C, 20°C y 22°C mediante comparaciones pareadas con un test de suma de rangos de Wilcoxon y valores de *p* ajustados con una corrección de Bonferroni (R Development Core Team, 2009). Para calcular las diferencias en la cosecha de avispas a diferentes temperaturas compara-

mos la proporción de avispas vivas sobre el número de huevos parasitados y realizamos comparaciones pareadas con un test de independencia de G y valores de p ajustados mediante una corrección de Bonferroni (MacDonald & Gardner, 2000).

Las tasas de aborto en tubos expuestos versus no expuestos, así como la proporción de hembras en la primera y la segunda mitad de la generación fueron arregladas como tablas de contingencia de 2x2 y comparadas mediante un test de Cochran-Mantel-Haenszel. Se probó la hipótesis nula de que las dos variables nominales (aborto vs. exposición y sexo vs. mitad de la generación, respectivamente) eran condicionalmente independientes en cada generación (Zhang & Boos, 1997). La homogeneidad de las razones en ambos casos fue previamente chequeada con un test de Breslow-Day.

RESULTADOS

Calidad de las colonias de cría

La dinámica de los índices de calidad a través de las generaciones y en ambas colonias de cría se resume en la figura 2. En general los parámetros estimados se mantuvieron

dentro de los estándares establecidos a priori. La supervivencia presentó una variación considerable en la Colonia 1 pero mejoró en la Colonia 2 con valores por encima del 80% en todas menos una generación (figura 2). El porcentaje de emergencia se mantuvo entre 20 y 30 % después de la generación 21 en la Colonia 1. En contraste la Colonia 2 presentó fluctuaciones más altas en el porcentaje de emergencia, aunque éste se mantuvo por encima del 20% a partir de la generación 18. Solo 47 tubos de un total de 1793 en la Colonia 1 presentaron valores de emergencia por encima de 50 avispas. Debido a una limitación en el número de huevos de hospedero y basados en el hecho que la mitad de los huevos en los tubos permanecieron no parasitados se decidió disminuir el número de huevos por tubos de 100 a 50 a partir de la generación 23 de la Colonia 2. Visto que esta disminución no afectó el comportamiento de los índices restantes se decidió mantener esta proporción en las generaciones subsiguientes. La razón sexual fue ligeramente sesgada hacia las hembras (figura 2). El porcentaje de hembras se mantuvo en forma significativa por encima del 50 % en todas las generaciones excepto una (18) en la Colonia 1, y dos generaciones (10, 15) en la **Colonia 2**.

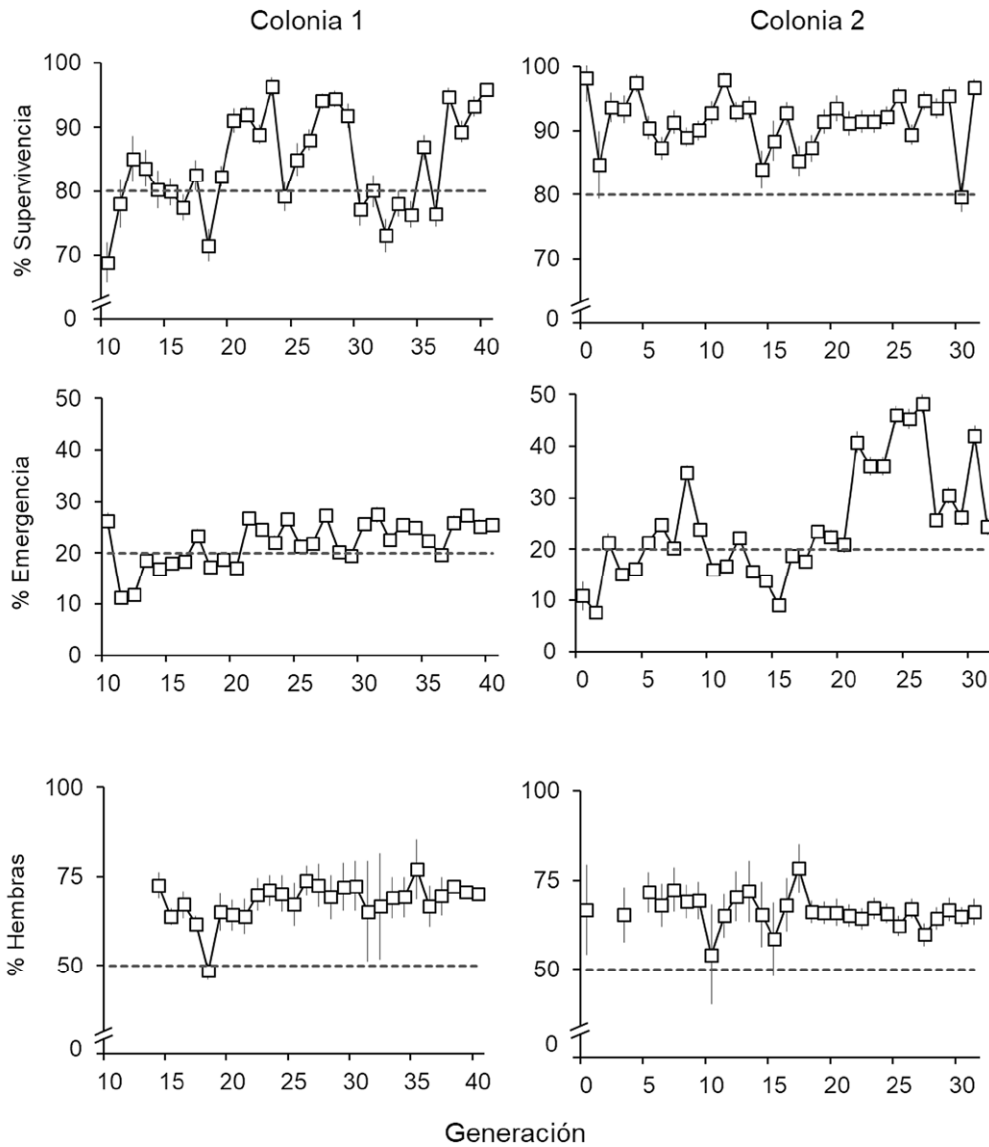


Figura 2. Índices de calidad. Porcentaje de cría viva, porcentaje de avispas emergentes y porcentaje de hembras (\pm intervalo de confianza del 95%) por generación en las dos colonias de cría de *Cleruchoides noackae* (izquierda: primera colonia, derecha: segunda colonia). Líneas punteadas representan los estándares de calidad establecidos a priori.

Temperatura

La temperatura afectó el inicio de las emergencias de *C. noackae*. La variación para cada temperatura dada fue muy baja. La emergencia de parasitoides comenzó en el día 19 ± 0.9 (media \pm desviación estándar) a 22°C , en el día 24 ± 0.9 a 20°C y en el

día 27 ± 0.9 a 18°C (Test de suma de rangos de Wilcoxon, valores de p corregidos en todas las comparaciones < 0.001). No se observaron diferencias significativas en el porcentaje de avispas cosechadas a los tres diferentes valores de temperatura (G-test = 5.16, 2 grados de libertad, $p = 0.07$, Figura 3).

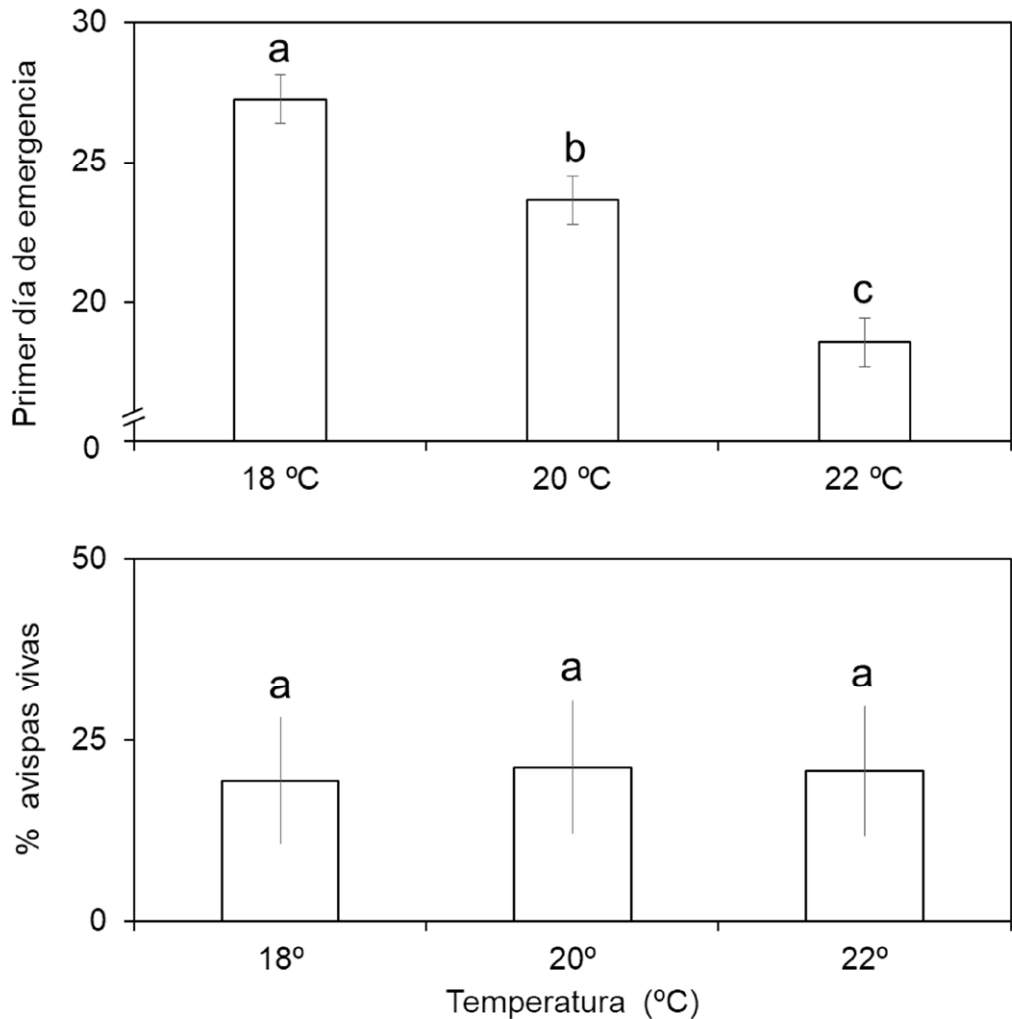


Figura 3. Efecto de la temperatura. Primer día de la emergencia (media \pm desviación estándar) y porcentaje de avispas vivas (\pm intervalo de confianza del 95%) a diferentes temperaturas. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos a $\alpha = 0.05$ (Test de suma de rangos de Wilcoxon para el primer día, Test G de independencia para el % avispas vivas).

Aborto inducido por el parasitoide

Las tasas de aborto fueron significativamente diferentes entre huevos expuestos y no expuestos al parasitoide (Cochran-Mantel-

Haenszel: $X^2 = 30.399$, 1 grado de libertad, $p < 0.001$, Figura 4). La razón entre tratamientos permaneció constante a través de las generaciones calculadas (Figura 4; Breslow-Day: $X^2 = 0.083$, 2 grados de libertad, $p = 0.96$).

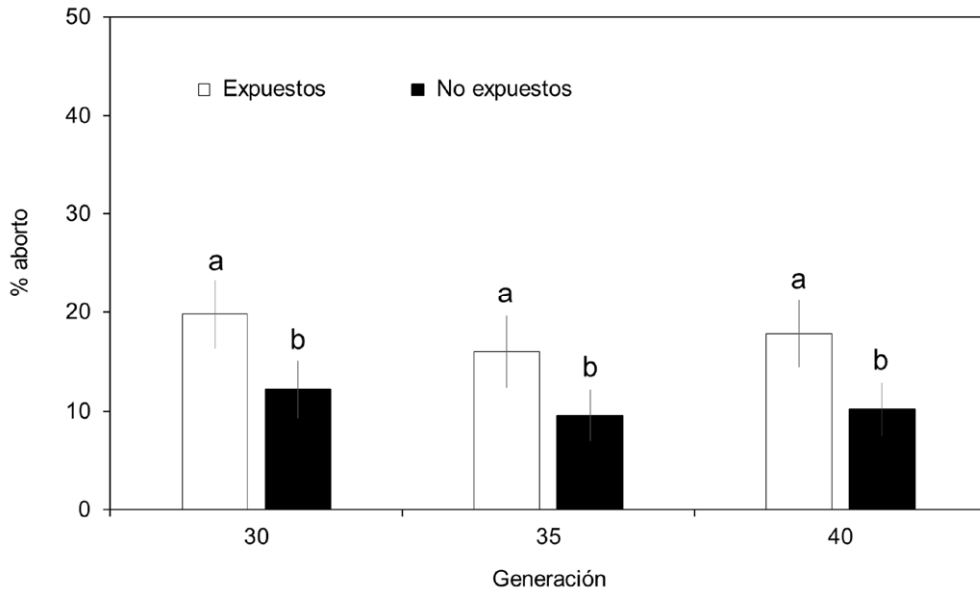


Figura 4. Aborto inducido por parasitismo a *C. noackae*. Porcentaje de huevos abortados de *Thaumastocoris peregrinus* (\pm intervalo de confianza del 95%) expuestos o no expuestos a parasitación por *Cleruchoides noackae*. Las letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos y a través de las generaciones a $\alpha = 0.05$ (Test de X² de Cochran-Mantel-Haenszel).

Evolución de la razón sexual durante el periodo de emergencia

La proporción de hembras fue mayor durante la segunda mitad del periodo de emergencia dentro y entre generaciones (Cochran-

Mantel-Haenszel: X² = 18.322, 1 grado de libertad, p < 0.001, Figura 5). La razón entre tratamientos permaneció homogénea a través de las generaciones estudiadas (Breslow-Day: X² = 3.0759, 2 grados de libertad, p = 0.96).

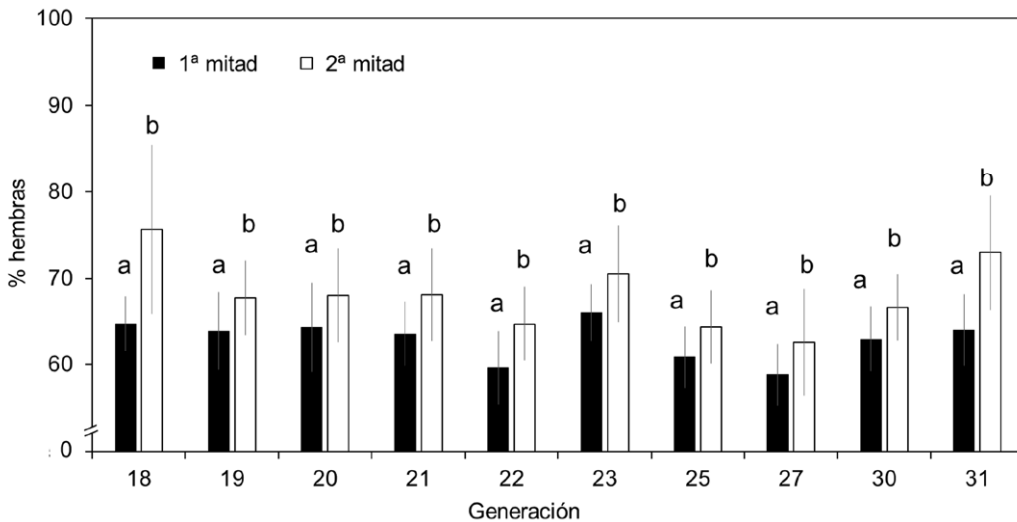


Figura 5. Evolución de la razón sexual durante el periodo de emergencia en diferentes generaciones. Porcentaje de hembras porcentaje of females of *C. noackae* (\pm intervalo de confianza del 95%) para avispas emergidas en la primera mitad (barras negras) o en la segunda mitad (barras blancas) de cada generación. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos a $\alpha = 0.05$ (Cochran-Mantel-Haenszel X²).

Liberación a campo

Huevos parasitados fueron liberados en siete sitios en el campo entre 2013 y 2015 (Figura 6). El verano de 2014 fue extremadamente tormentoso, lo cual afectó en gran medida las poblaciones de *T. peregrinus* tal como se reflejó en la red de trampas amarillas (Martínez & Gómez, 2014). Estas condiciones retrasaron la primera campaña de monitoreo. Durante 2014, se relevaron los sitios 1 a 4 a fines de marzo y se realizaron dos nuevas liberaciones en abril (sitios 5 y 6). En mayo del mismo año se revisitaron los sitios 2 a 4 debido a una mejoría en las condiciones ambientales y a la permanencia de poblaciones de *T. peregrinus* en el campo. Durante este relevamiento se recuperó por primera vez *C. noackae* del sitio 3 (Cuadro 1). Se revisitaron los sitios 1 a 6 en 2015 pero no se encontraron huevos de *T. peregrinus* en la mayoría de los sitios por lo que no se realizaron nuevas liberaciones durante esa campaña.

No obstante se lograron coleccionar oviposturas del sitio 3, del cual se recuperaron avispas una vez más. En 2016 se recuperaron avispas por tercera vez del sitio 3 y por primera vez del sitio 4, en febrero y marzo, respectivamente. De marzo a mayo de 2016 se realizaron liberaciones adicionales en un nuevo sitio (7).

Las avispas emergidas de los huevos colectados del campo exhibieron tasas de supervivencia *in vitro* por encima del 80% en todas las muestras excepto las colectadas en el sitio 3 en 2014 (646 huevos en 7 tubos). Las muestras que fueron tomadas del sitio 3 en 2015 presentaron una emergencia más alta ($51.7 \pm 1.8\%$) que en previas muestras de campo y que en condiciones de laboratorio. Tal como se mencionó anteriormente utilizamos estas avispas para fundar la Colonia 2. Las avispas emergentes de todas las colectas a campo presentaron una proporción de hembras de 50% o ligeramente superior (Cuadro 1).

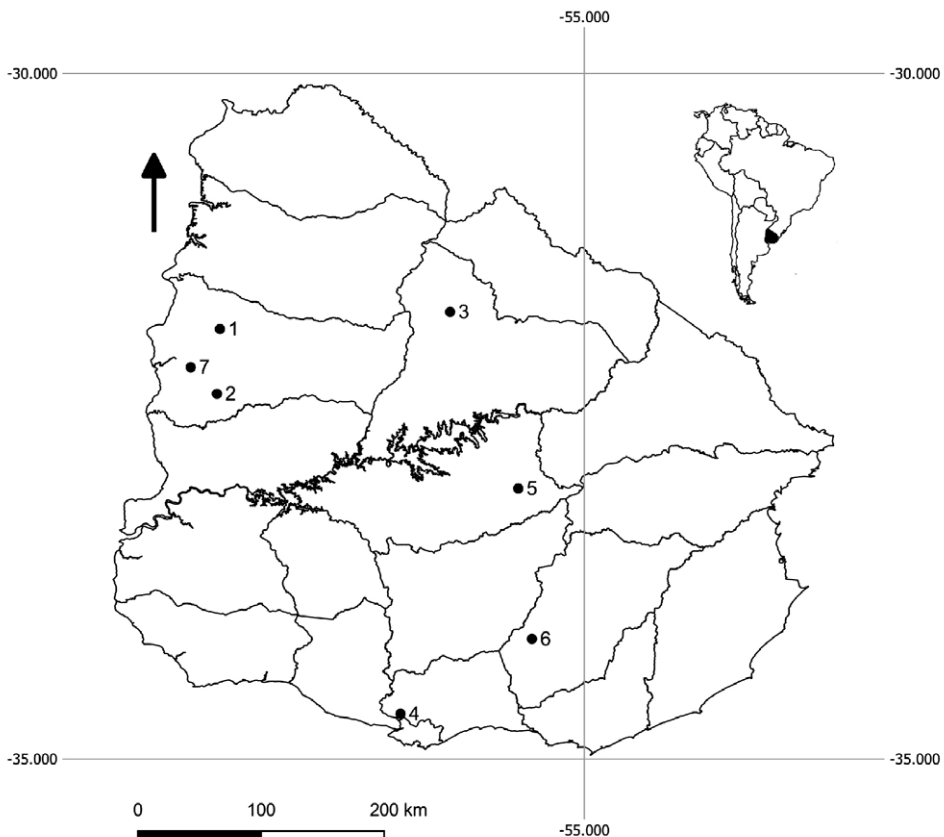


Figura 6. Sitios de liberación. Ubicación de los sitios de liberación de *Cleruchooides noackae*. La flecha indica el Norte.

Cuadro 1. Resumen de datos de liberaciones de campo de *Cleruchoides noackae* (se indica la media \pm el intervalo de confianza del 95% para cada índice).

Fecha (m/a)	Sitio	Especie	Nº de liberaciones	Nº de huevos parasitados liberados	Nº de visitas de monitoreo	Huevos de <i>T.peregrinus</i> colectados (año)	¿Recuperación?	% emergencia (año)	% hembras (año)	% supervivencia (año)
03/2013	1	<i>E. dunnii</i>	2	500 500	3	250 (2014) N.E. (2015)	No	-	-	-
03/2013	2	<i>E. benthamii</i>	2	500 500	3	N.E. (2014) N.E. (2015)	No	-	-	-
11/2013	3	<i>E. tereticornis</i> <i>E. maidenii</i>	2	1000 1000	2	646 (2014)	Sí	2.4 \pm 0.5 (2014)	73.8 \pm 9.5 (2014)	38.1 \pm 14.9 (2014)
02/2014	3	<i>E. tereticornis</i> <i>E. maidenii</i>	3	1000 1000 1000	2	2021 (2015) 335 (2016)	Sí	51.7 \pm 1.8 (2015) 35.5 \pm 11.7 (2016)	59.9 \pm 1.5 (2015) 58.8 \pm 15.0 (2016)	85.5 \pm 0.6 (2015) 100 \pm 19.6 (2016)
02/2014	4	<i>E. globulus</i>	2	1000 1000	3	N.E. (2014) 1830 (2016)	Sí	26.1 \pm 2.6 (2016)	50.0 \pm 1.1 (2016)	80.5 \pm 2.8 (2016)
04/2014	5	<i>E. grandis</i>	1	1500	1	N.E. (2015)	No	-	-	-
04/2014	6	<i>E. viminalis</i>	1	1200	1	N.E. (2015)	No	-	-	-
03/2016	7	<i>E. benthamii</i>	3	1200 1200 1200	-	-	No	-	-	-

Discusión

El protocolo de cría desarrollado para *Cleruchoides noackae* presentado en este estudio nos permitió mantener una colonia viable de la avispa por dos años, sin cambios significativos en los parámetros de calidad en relación a los estándares basados en la experiencia de cría en Brasil y Chile. Las avispas procedentes de la cría periódicamente liberadas en el campo fueron capaces de colonizar al menos dos sitios y reproducirse en número suficiente como para iniciar una nueva colonia de cría, exclusivamente a partir de individuos colectados en el campo. Estos datos demuestran que es factible mantener una colonia de cría de este parasitoide en el contexto de un programa de control biológico para la chinche del eucalipto.

Cría en laboratorio

Si tomamos en cuenta la información obtenida de los índices de calidad, la preparación de 60 tubos por generación produciría en el

peor escenario 570 hembras vivas por 3000 huevos, lo cual sería suficiente para mantener la cría durante el invierno cuando no se realizan liberaciones. En verano, el escalamiento de la cría a 100 tubos proveería de 960 hembras por 5000 huevos lo cual permitiría la liberación a campo. Las tareas diarias en la cría incluyen la preparación de tubos de cría y el conteo de las avispas emergidas. Dos personas trabajando 30 horas por semana pueden cumplir con las actividades relacionadas con la cría durante los periodos de emergencia.

Nosotros establecimos como objetivos de la cría obtener una emergencia del 20% o más, al menos 50% de hembras y una supervivencia por encima del 80 %, tomando como base los parámetros estimados en la cría de EMBRAPA de la cual fueron obtenidos los individuos fundadores de la colonia inicial. La supervivencia mejoró en la segunda colonia iniciada a partir de individuos colectados a campo. Un mejor manejo del sistema luego de dos años de experiencia podría explicar esta mejora.

De acuerdo a nuestros resultados la emergencia en promedio de 20-30 avispas en una base de 100 huevos por tubo de cría implica que alrededor de la mitad de los huevos quedan sin parasitar (si consideramos un promedio de 20 abortos). La decisión de reducir el número de huevos a 50 por tubo nos permitió economizar esfuerzos sin perder productividad. De esta forma el porcentaje de emergencia aumentó al doble luego de realizado este cambio (es decir, el número de emergentes por tubo se mantuvo igual), mientras que los restantes índices no experimentaron cambios, o incluso mejoraron.

Aunque en algunos casos las condiciones de cría pueden afectar la razón sexual en Mymaridae (Heimpel & Lundgren, 2000), nuestros resultados muestran una razón sexual ligeramente sesgada hacia las hembras que permaneció constante en todas las generaciones. Los datos obtenidos de poblaciones de campo muestran una proporción de hembras desde ca. 50% a moderadamente sesgada hacia la hembra. Poblaciones con este sesgo hacia las hembras han sido reportadas en colonias de cría de otras especies de Mymaridae (Boivin, 1988; Chen *et al.*, 2006), aunque Mutitu *et al.* (2013) reportaron una población ligeramente sesgada hacia los machos (aunque no significativamente diferente al 50%) en una colonia de cría de *C. noackae*. En nuestro estudio solo una de 60 generaciones presentó una razón sexual sesgada hacia los machos y no se encontró este sesgo en ninguna de muestras de campo. Dado que *C. noackae* se reproduce por partenogénesis arrenótoca (haplodiploide) (Mutitu *et al.*, 2013) como es el caso en otros mimáridos, las hembras son capaces de controlar la razón sexual de la progenie en función de la calidad de los parches colonizados (Van Baaren *et al.*, 1999).

El manejo de la depresión por endogamia es un desafío importante en la cría de insectos, particularmente en colonias de mediana escala (Charlesworth & Charlesworth, 1987). Nuestro estudio que abarca más de 30 generaciones continuas y dos colonias diferentes sugiere que *C. noackae* presenta una alta to-

lerancia a condiciones de endogamia en cría in vitro, condición que ha sido observada en otros parasitoides (Quaglietti *et al.*, 2017). En el caso de *C. noackae* esto puede deberse a la biología de esta minúscula avispa con limitadas capacidades de dispersión que resulta en pequeñas poblaciones de la avispa con un limitado flujo génico entre ellas (Nadel *et al.*, 2012a). De todos modos futuros estudios deberían evaluar otros parámetros de historia de vida y potenciales cambios en los mismos debido a la cría continua. Tomando en cuenta nuestros resultados es aconsejable instalar una nueva colonia con individuos silvestres al menos una vez cada dos años para evitar adaptación a las condiciones de laboratorio (Sørensen *et al.*, 2012).

Efecto de la temperatura

Conforme lo esperado la temperatura afectó la duración del ciclo de vida de *C. noackae* pero ni la supervivencia ni la emergencia se vieron afectadas por la cría a temperaturas inferiores a 22 °C. El rango térmico óptimo para *C. noackae* se da entre 15 °C y 25 °C de acuerdo a estudios previos (Souza *et al.*, 2016), y la cría a 22 °C permite la cosecha a intervalos de 19 días. Nosotros probamos dos temperaturas por debajo de la temperatura usual de cría de 22°C, a efectos de optimizar la cría invernal, cuando la demanda de avispas disminuye. Basados en nuestros resultados escogimos 18 °C como la temperatura para cría invernal ya que permite la cosecha de una generación cada 27 días (cosecha mensual) sin reducción en la emergencia o la supervivencia.

Aborto inducido por el parasitoide

El aborto del hospedero inducido por el parasitoide puede constituir un servicio de control biológico adicional provisto por los parasitoides de huevo (Abram *et al.*, 2016). Nuestros resultados muestran que bajo las condiciones de cría utilizadas en el presente estudio una media de 20% de los huevos puestos por la chinche del eucalipto no eclosionan y que este porcentaje es significativamente aumentado luego de la exposición a *C. noackae*.

Evolución de la razón sexual durante el periodo de emergencia

En el presente estudio observamos en forma consistente un aumento en la proporción sexual de las hembras en la segunda mitad de la generación, lo cual sugiere que los machos tienden a emerger antes que las hembras. En sistemas reproductivos donde el apareamiento entre hermanos u otras formas de reproducción no panmíctica son comunes, la estructura reproductiva resultante se define como "competencia por parejas locales" (Hamilton, 1967) la cual selecciona a favor de razones sexuales sesgadas hacia la hembra, como se observa para *C. noackae*. Bajo esta condición reproductiva la emergencia temprana le confiere ventajas competitivas a los machos para el acceso a un número mayor de hembras (Hamilton, 1967; Werren, 1980), particularmente en especies con un periodo de vida adulta relativamente corto, tal como sucede en esta especie. La observación reiterada de avispas copulando en forma inmediata a la emergencia realizada durante este estudio así como por Mutitu *et al.* (2013) le da soporte adicional a la teoría de competencia por parejas locales.

Liberación a campo

Reportamos en este estudio la recuperación exitosa a campo por primera vez de individuos silvestres de *C. noackae* en dos sitios independientes y en forma reiterada por tres años. Basados en estos resultados podemos confirmar el establecimiento de una población silvestre de *C. noackae* en Uruguay.

La liberación de parasitoides y su posterior seguimiento se vieron muy afectados por las condiciones climáticas adversas. La ocurrencia de dos periodos de verano con eventos importantes de precipitación perjudicaron las poblaciones de *T. peregrinus* a tal punto que no fue posible recuperar huevos en la mayoría de los sitios releva-

dos. Los sitios de los que se logró recuperar poblaciones silvestres están ubicados en estaciones experimentales de INIA lo cual permitió utilizar elevadores mecánicos para coleccionar huevos a mayores alturas. Es posible por lo tanto que existan poblaciones silvestres establecidas en otros sitios pero a las que no se ha podido alcanzar con la colecta manual y que el éxito relativo de estos sitios se deba simplemente a un mayor esfuerzo de muestreo. Además el hecho de haber coleccionado *C. noackae* en el sitio 4 dos años después de haber realizado liberaciones implica que las avispas consiguieron mantener una población silvestre sin nuevas introducciones desde 2014 a 2016. Con la sola excepción de la primera recuperación del sitio 4, la supervivencia de los individuos silvestres en el laboratorio se mantuvo por encima de 80%, la emergencia por encima del 20% y más de la mitad de los individuos recuperados fueron hembras. Estos resultados sugieren que hay buenas oportunidades para el establecimiento de poblaciones silvestres de *C. noackae* en nuestras condiciones ambientales.

Consideraciones finales

Luego de cuatro años consecutivos de cría y liberación de *C. noackae*, hemos establecido un protocolo de cría que permite una producción estable y la liberación a campo de parasitoides, y hemos logrado instalar poblaciones silvestres del parasitoide en al menos dos sitios separados, lo cual asegura la continuidad de la producción. Los próximos pasos involucran la optimización de los esquemas de liberación y la evaluación de la eficacia de *C. noackae* como agente de control biológico de la chinche del eucalipto en Uruguay. La mejora de tanto las condiciones de cría como del éxito de las liberaciones requiere estudios adicionales sobre los mecanismos de búsqueda y dispersión del parasitoide, y el desarrollo de métodos eficaces de monitoreo para la plaga y el parasitoide.

REFERENCIAS

- ABRAM P.K., BRODEUR J., BURTE V., BOIVIN G.** 2016. Parasitoid-induced host egg abortion: An underappreciated component of *Biological Control* services provided by egg parasitoids. *Biological Control* 98: 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.04.002>.
- BIGLER F.** 1989. Quality assessment and control in entomophagous insects used for *Biological Control*. *Journal of Applied Entomology* 108 (1–5): 390–400. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1989.tb00473.x>.
- BOIVIN G.** 1988. Laboratory rearing of *Anaphes sordidatus* (Hym.: Mymaridae) on carrot weevil eggs (Col.: Curculionidae). *Entomophaga* 33 (2): 245–248. <https://doi.org/10.1007/BF02372660>.
- CHAMBERS D.L.** 1977. Quality control in mass rearing. *Annual Review of Entomology* 22 (1): 289–308.
- CHARLESWORTH D., CHARLESWORTH B.**, 1987. Inbreeding depression and its evolutionary consequences. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 237–268.
- CHEN W., LEOPOLD R.A., MORGAN D.J.W., HARRIS M.O.** 2006. Development and reproduction of the egg parasitoid, *Gonatocerus ashmeadi* Girault (Hymenoptera: Mymaridae), as a function of temperature. *Environmental Entomology* 35 (5): 1178–1187. [https://doi.org/10.1603/0046-225-X\(2006\)35\[1178:DAROTE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225-X(2006)35[1178:DAROTE]2.0.CO;2).
- COSAVE.** Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur.
- DITTRICH-SCHRÖDER G., HARNEY M., NESER S., JOFFE T., BUSH S., HURLEY B.P., WINGFIELD M.J., SLIPPERS B.** 2014. Biology and host preference of *Selitrichodes neseri*: A potential *Biological Control* agent of the *Eucalyptus* gall wasp, *Leptocybe invasa*. *Biological Control* 78: 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.07.004>.
- FAO.** 2005. *International Standards for Phytosanitary Measures 1 to 24*. FAO, Rome.
- GARNAS J.R., HURLEY B.P., SLIPPERS B., WINGFIELD M.J.** 2012. *Biological Control* of forest plantation pests in an interconnected world requires greater international focus. *International Journal of Pest Management* 58 (3): 211–223. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.698764>.
- HAMILTON W.D.** 1967. Extraordinary sex ratios. *Science* 156 (3774): 477–488. <https://doi.org/10.1126/science.156.3774.477>.
- HEIMPEL G.E., LUNDGREN J.G.** 2000. Sex ratios of commercially reared *Biological Control* agents. *Biological Control* 19 (1): 77–93. <https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0849>.
- JAQUES L.** 2010. *Cuarentena y masificación de Cleruchoidea noackae* Lin & Hubert (Hymenoptera: Mymaridae) *parasitoides de huevos de Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellape (Hemiptera: Thaumastocoridae). SAG, Santiago de Chile.
- KLAPWIJKM.J., BYLUNDH., SCHROEDER M., BJÖRKMAN C.** 2016. Forest management and natural biocontrol of insect pests. *Forestry* 89 (3): 253–262. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpw019>.
- LIN N.Q., HUBER J.T., LA SALLE J.** 2007. The Australian genera of Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Zootaxa* 1596: 1–111.
- MACDONALD P.L., GARDNER R.C.** 2000. Type I error rate comparisons of post hoc procedures for I J Chi-square tables. *Educational and Psychological Measurement* 60 (5): 735–754. <https://doi.org/10.1177/00131640021970871>.
- MARTÍNEZ G.** 2017. Mothers in the woods: Multitrophic interactions and oviposition preference in the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*, a pest of *Eucalyptus*. PhD Thesis. Wageningen University and Research Centre, Wageningen, Netherlands.

MARTÍNEZ G., GÓMEZ D. 2014. *Monitoreo de trampas amarillas*. INIA - CECOPE, Tacuarembó.

MARTÍNEZ G., LÓPEZ L., CANTERO G., GONZÁLEZ A., DICKE M. 2014. Life-history analysis of *Thaumastocoris peregrinus* in a newly designed mass rearing strategy. *Bulletin of Insectology* 67 (2): 199–205.

MUTITU E.K., GARNAS J.R., HURLEY B.P., WINGFIELD M.J., HARNEY M., BUSH S.J., SLIPPERS B. 2013. Biology and rearing of *Cleruchoidea noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid for the *Biological Control of Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). *Journal of Economic Entomology* 106 (5): 1979–1985. <https://doi.org/10.1603/EC13135>.

NADEL R.L., NOACK A.E. 2012. Current understanding of the biology of *Thaumastocoris peregrinus* in the quest for a management strategy. *International Journal of Pest Management* 58 (3): 257–266. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.659228>.

NADEL R.L., WINGFIELD M., SCHOLEM M., LAWSON S., NOACK A., NESER S., SLIPPERS B. 2012a. Mitochondrial DNA diversity of *Cleruchoidea noackae* (Hymenoptera: Mymaridae): a potential *Biological Control* agent for *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). *BioControl* 57 (3): 397–404. <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9409-z>.

NADEL R.L., WINGFIELD M.J., SCHOLEM M.C., LAWSON S.A., SLIPPERS B. 2012b. The potential for monitoring and control of insect pests in Southern Hemisphere forestry plantations using semiochemicals. *Annals of Forest Science* 69 (7): 757–767. <https://doi.org/10.1007/s13595-012-0200-9>.

PAINÉ T.D., STEINBAUER M.J., LAWSON S.A. 2011. Native and exotic pests of *Eucalyptus*: A worldwide perspective. *Annual Review of Entomology* 56: 181–201. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-021118>.

PROTASOV A., BLUMBERG D., BRAND D., LA SALLE J., MENDEL Z. 2007. *Biological Control of the Eucalyptus gall wasp Ophelimus maskelli* (Ashmead): Taxonomy and biology of the parasitoid species *Closterocerus chamaeleon* (Girault), with information on its establishment in Israel. *Biological Control* 42 (2): 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.05.002>.

QUAGLIETTI B., TAMISIER L., GROUSIER G., FLEISCH A., LE GOFF I., RIS N., KREITER P., FAUVERGUE X., MALAUSA T. 2017. No inbreeding depression in laboratory-reared individuals of the parasitoid wasp *Allotropa burrelli*. *Ecology and Evolution* 7 (3): 964–973. <https://doi.org/10.1002/ece3.2643>.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria.

SLIPPERS B., HURLEY B.P., WINGFIELD M.J. 2015. Sirex woodwasp: A model for evolving management paradigms of invasive forest pests. *Annual Review of Entomology* 60 (1): 601–619. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-021118>.

SØRENSEN J.G., ADDISON M.F., TERBLANCHE J.S. 2012. Mass-rearing of insects for pest management: Challenges, synergies and advances from evolutionary physiology. *Crop Protection* 38: 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.03.023>.

SOUZA A.R. DE, CANDELARIA M.C., BARBOSA L.R., WILCKEN C.F., CAMPOS J.M., SERRÃO J.E., ZANUNCIO J.C. 2016. Longevity of *Cleruchoidea noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), with various honey concentrations and at several temperatures. *Florida Entomologist* 99 (1): 33–37. <https://doi.org/10.1653/024.099.0107>.

VAN BAAREN J., LANDRY B.L., BOIVIN G. 1999. Sex allocation and larval competition in a superparasitizing solitary egg parasitoid: competing strategies for an optimal sex ratio. *Functional Ecology* 13 (1): 66–71. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1999.00283.x>.

VAN LENTEREN J.C. (ED.). 2003. Quality control and production of *Biological Control* agents: theory and testing procedures. CABI Pub, Wallingford, Oxon, UK ; Cambridge, MA.

WAJNBERG E. 2003. Basic statistical methods for quality control workers. In: Van Lenteren JC, ed. Quality control and production of *Biological Control* agents. CABI, pp. 305–314.

WERREN J.H. 1980. Sex ratio adaptations to local mate competition in a parasitic wasp. *Science* 208 (4448): 1157–1159.

WILLOUGHBY I., WILCKEN C.F., IVEY P., O'GRADY K., KATTO F. 2009. FSC Guide to integrated pest, disease and weed management in FSC certified forests and plantations. Forest Stewardship Council.

WINGFIELD M.J., BROCKERHOFF E.G., WINGFIELD B.D., SLIPPERS B. 2015. Planted forest health: The need for a global strategy. *Science* 349 (6250): 832–836.

WINGFIELD M.J., SLIPPERS B., HURLEY B., COUTINHO T., WINGFIELD B., ROUX J. 2008. Eucalypt pests and diseases: growing threats to plantation productivity. *Southern Forests: a Journal of Forest Science* 70 (2): 139–144. <https://doi.org/10.2989/SOUTH.FOR.2008.70.2.9.537>.

ZHANG J., BOOS D.D. 1997. Generalized cochrane-mantel-haenszel test statistics for correlated categorical data. *Communications in Statistics - Theory and Methods* 26 (8): 1813–1837. <https://doi.org/10.1080/03610929708832016>.

6. Lecciones aprendidas sobre *Thaumastocoris peregrinus* de cara a la mejora del manejo de plagas en plantaciones de *Eucalyptus*.

Lessons learned about Thaumastocoris peregrinus facing the improvement of pest management on Eucalyptus plantations

Gonzalo Martínez¹⁴ (Traducido y adaptado de Martínez, 2017)

La forestación en el hemisferio Sur se caracteriza por el uso de grandes plantaciones de árboles exóticos, generalmente en rodales monoespecíficos o monoclonales, con el objetivo de obtener madera, o pulpa de celulosa para la industria del papel (FAO, 2010). El manejo de plagas forestales para mantener estas plantaciones en condiciones saludables es un proceso complejo y costoso (Ciesla, 2011); los árboles son diferentes a las plantas herbáceas: presentan un mayor tamaño y patrones de arquitectura compleja como resultado del crecimiento vegetal secundario, lo que lleva al desarrollo de patrones defensivos de mayor complejidad (Eyles *et al.*, 2010). Los insectos por su parte han evolucionado para contrarrestar estas defensas y explotar así la diversidad de nichos ecológicos ofrecida por los árboles. Cuando una plantación de árboles exóticos es colonizada por un insecto de su misma área de origen es esperable que ocurran explosiones demográficas y daños extensivos, dado que las áreas recientemente colonizadas ofrecen un suministro ilimitado de alimentos y generalmente se encuentran libres de enemigos naturales (Ciesla, 2011). De esta manera las plagas invasivas se convierten en importantes amenazas a la productividad de las plantaciones forestales.

La investigación básica sobre la biología de las plagas y sobre cómo éstas se integran en el ecosistema forestal es necesaria para el desarrollo de estrategias de manejo. Esta serie se enfoca en una plaga invasiva en particular que ataca plantaciones

de *Eucalyptus*: la chinche del eucalipto *Thaumastocoris peregrinus*. Las estrategias de manejo de plagas pueden involucrar el control químico, el mejoramiento genético por resistencia o tolerancia, las operaciones silvícolas (tales como el diseño de la plantación, el desmalezamiento o los esquemas de poda y raleo) y el control biológico. El control químico ha sido utilizado exitosamente para la chinche del eucalipto en árboles urbanos en Australia (Noack *et al.*, 2009) pero su uso en plantaciones forestales comerciales no es económicamente viable y está muy restringido en el marco de la certificación FSC. La búsqueda de genotipos resistentes puede no ser útil como una estrategia de manejo *per se*, dado que *T. peregrinus* puede desarrollarse en muchas especies dentro del género *Eucalyptus* (Soliman *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2017a). Hasta el momento no se han propuesto adaptaciones de las operaciones silvícolas a los efectos de manejar este insecto. En este contexto muchos esfuerzos se han concentrado en desarrollar un programa de control biológico para esta plaga con el uso de parasitoides (Cross, 2011; Mutitu *et al.*, 2013) u hongos entomopatógenos (Simeto *et al.*, 2012). En esta serie técnica se ha presentado información acerca de los factores que afectan la oviposición de este insecto en un sistema que incluye además sus hospederos, un potencial competidor y el parasitoide. El objetivo en los próximos párrafos es discutir las implicancias de la investigación realizada en el contexto del desarrollo de una estrategia de manejo integrado de la chinche del eucalipto.

¹⁴ Dr Gonzalo Martínez. Laboratorio de Entomología. Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal. INIA. Tacuarembó. gmartinez@tb.inia.org.uy

La planta: considerar las preferencias de oviposición en el mejoramiento genético y en el diseño de plantación.

En la chinche del eucalipto las preferencias de alimentación no se corresponden exactamente con las de oviposición, lo cual lleva a que diferentes especies de *Eucalyptus* pueden ranquear diferente en términos de preferencia para la chinche en virtud de que sean consideradas como sitio de alimentación o de oviposición (Martínez *et al.*, 2017a). Los resultados presentados en esta serie se enfocan en tres especies de *Eucalyptus*: *E. grandis*, *E. tereticornis* y *E. benthamii*. De estas tres especies *E. grandis* es la más extendida en plantaciones comerciales en Uruguay debido a su alta productividad, forma y resistencia a enfermedades. Usualmente se planta en áreas compuestas de varios rodales de aproximadamente 25 hectáreas. Una plantación típica en el norte uruguayo puede abarcar más de 1000 hectáreas. Por su parte *E. benthamii* es usado en forma más limitada en plantaciones comerciales y se planta fundamentalmente debido a su resistencia a las heladas, lo cual permite aprovechar tierras bajas en la plantación donde otras especies no se desempeñan bien. Los eucaliptos colorados (*E. tereticornis*, *E. camaldulensis* e híbridos) son ampliamente utilizados como bosque de abrigo en establecimientos ganaderos. Estos bosques consisten de parches de alrededor de una hectárea rodeados de pradera que proveen de sombra al ganado. Además son plantados comúnmente rodeando los cascos de estancia por lo que muchas veces se encuentran en forma adyacente a plantaciones extensivas de *E. grandis* y otras especies. En los últimos años su uso se ha ensayado para plantaciones con destino bioenergético. Finalmente se han evaluado diversos híbridos de colorados y *E. grandis* con el objetivo de mejorar la calidad de la madera.

¿Qué aportes puede hacer la investigación de las preferencias alimentarias y de oviposición de la chinche del eucalipto para ayudar a proteger nuestras plantaciones? En primer lugar la verificación de una atracción diferen-

cial de las especies de eucaliptos como sitios de oviposición puede ser explotada en la selección de especies mediante la selección de híbridos o clones que sean menos atractivos para las hembras. Habitualmente en la selección de material vegetal resistente, los mejoradores tienen en cuenta la susceptibilidad a las plagas en términos de daño por alimentación. Los resultados obtenidos en el proyecot FO12 subrayan la importancia de incluir además las preferencias de oviposición en los ensayos con material vegetal y en este sentido proveen una metodología de evaluación *in vitro* (Martínez *et al.*, 2017b,a). La selección de clones de *Eucalyptus* que retrasen el cambio de hoja juvenil a adulta podría ser otro enfoque en mejoramiento para conferir resistencia a la chinche del eucalipto dado el pobre desempeño de los juveniles en este tipo de hoja pero esta estrategia está descartada en primera instancia debido a que las hojas juveniles son más susceptibles que las adultas a enfermedades provocadas por hongos como la roya *Austropuccinia psidii* (= *Puccinia psidii*) o enfermedades foliares asociadas a *Mycosphaerella* y géneros relacionados (Coutinho *et al.*, 1998; Pérez *et al.*, 2009). Alternativamente se podría mejorar la eficacia de las técnicas de manejo a través de la planificación de la distribución espacial de las especies dentro de la plantación. Por ejemplo, la preferencia por algunas especies de *Eucalyptus* sobre otras como sitios de oviposición puede resultar en rodales que representen una fuente de ninfas (*E. tereticornis*, *E. benthamii*) y rodales que serían preferidos por los adultos para alimentarse (*E. grandis*). En este ejemplo los primero están plantados generalmente en pocos rodales y usualmente confinados a los márgenes de la plantación. Si vemos el mapa de la plantación como un mapa de preferencias de oviposición de la chinche del eucalipto, donde algunos rodales tienen mayor probabilidad de tener huevos que otros, una posibilidad de manejo interesante sería concentrar los esfuerzos de manejo en forma temprana en aquellos rodales que potencialmente tendrán más huevos y ninfas. De esta manera un rodal de *E. benthamii* o *E. tereticornis* en el borde de un conjunto de rodales de

E. grandis podría ser utilizado como blanco para la liberación de *C. noackae* para el control biológico. Otras prácticas de control que impacten en los huevos o el estadio ninfal pueden ser aplicadas también con foco en esos rodales. De esta manera este “manejo centrado en el rodal” puede volver sostenible y sustentable una técnica de control que sería imposible de aplicar en áreas mayores, al tiempo que incrementaría las probabilidades de éxito.

El herbívoro: el rol del comportamiento gregario

La chinche del eucalipto prefiere oviponer en parches ya colonizados por coespecíficos (Martínez *et al.*, 2017a) en línea con otros estudios en chinches cimicomorfas que han demostrado una atracción de las hembras preñadas a claves inducidas por la presencia de coespecíficos en sus plantas hospederas (Groot *et al.*, 2003; Blackmer *et al.*, 2004). Estos hallazgos brindan evidencia adicional a la existencia de una estrategia común en el infraorden Cimicomorpha (Martínez *et al.*, 2013). Esta preferencia por claves relacionadas a coespecíficos podría explicar la oviposición gregaria y la distribución en parches observada en el campo, dado que la presencia de individuos de la chinche del eucalipto en un cierto parche aumentaría la probabilidad de que hembras adicionales vinieran a oviponer en ese parche. Esta distribución contagiosa tiene dos consecuencias desde la perspectiva del manejador forestal. Primero, el monitoreo de un insecto con distribución contagiosa requiere *a priori* un mayor esfuerzo de muestreo que para insectos que presentan otro tipo de distribución espacial (Begon *et al.*, 2006). Segundo, las estrategias de manejo de plagas para insectos con distribución contagiosa tienden a concentrarse en la supresión de la población dentro de los parches agregados (Rossi *et al.*, 2009). De esta manera un uso restringido en el tiempo y en el espacio de pesticidas o biopesticidas podría ser empleado con relativo éxito dentro de un parche, con ahorro de dinero y minimizando los riesgos ambientales. De la misma manera una liberación inundati-

va de parasitoides tiene mayor probabilidad de éxito si se hace directamente en parches de alta densidad poblacional de la plaga. Se requiere más investigación sobre la dinámica temporal y espacial de la agregación de la chinche del eucalipto para mejorar la precisión del monitoreo y para ajustar prácticas de manejo localizadas.

El psílido de lerp: ¿Manejo combinado de plagas?

La selección de sitios de oviposición por parte de la chinche del eucalipto, en lo que respecta a la especie de hospedero y a la presencia de coespecíficos está en general en consonancia de que “las madres saben lo que es mejor” (Martínez *et al.*, 2017a). Sin embargo la evaluación de las relaciones de preferencia-desempeño bajo al presencia conjunta de un potencial competidor intragremio (*Glycaspis brimblecombei*) reveló un escenario nuevo, más complejo. Las respuestas a la infestación por el psílido de lerp mediadas por la planta, perjudicaron el desarrollo y la supervivencia de la chinche del eucalipto aunque esto fue parcialmente mitigado por la presencia (y posiblemente alimentación) de lerp, lo cual sugiere una selección de sitios de oviposición parcialmente orientada por la presencia de los lerp. Estos resultados introducen un nuevo ángulo en la discusión: Mientras que una infestación temprana por el psílido de lerp podría “vacunar” al árbol contra la chinche del eucalipto, tal como ha sido observado en otros sistemas (Kessler & Baldwin, 2004), podría también introducir una nueva potencial fuente de alimentación directamente producida por el competidor (el lerp), la cual podría promover el desarrollo de la chinche del eucalipto. Dado que ambas especies de insectos son consideradas importantes plagas invasivas de *Eucalyptus* a escala global, estos resultados podrían servir de cara al desarrollo de estrategias de manejo combinado para estos insectos. Particularmente los resultados sugieren que un manejo temprano de las poblaciones del psílido *en plantaciones de Eucalyptus* podría ser beneficiosas para la reducción de las tasas de oviposición de la chinche más tarde en la estación.

El parasitoide

El control biológico se define como el “uso de organismos vivos para suprimir la población de una plaga específica, haciéndola menos abundante o menos dañina de lo que sería de otra manera” (Eilenberg *et al.*, 2001). El uso de enemigos naturales para suprimir poblaciones de plagas puede ser rastreado hasta tan temprano como el año 304, cuando los granjeros chinos empleaban hormigas para el control de plagas (Huang & Yang, 1987) pero el hito que marca el comienzo del control biológico clásico en la modernidad fue la introducción a California desde Australia en 1888 de la vaquita de San Antonio *Rodolia cardinalis* (Mulsant) para el control de la cochinilla algodonosa *Icerya purchasi* Maskell en cítricos (Bentancourt & Scatoni, 2001). El gran éxito de esta introducción preparó el camino para el uso actual del control biológico como una herramienta de manejo. El control biológico es sin duda la estrategia de manejo de plagas más importante en forestación (Ciesla, 2011; Garnas *et al.*, 2012). La forestación uruguaya tiene una larga tradición de uso del control biológico, que comenzó en 1941 con la importación desde Sudáfrica de *Anaphes nitens* Girault, el agente de control biológico del gorgojo del *Eucalyptus* (Morey & Porcile, 2002). La detección de nuevas plagas en las plantaciones generalmente ha disparado iniciativas coordinadas entre el sector privado, el sector público y la academia de cara al desarrollo de nuevos programas de control biológico (Morey & Porcile, 2002; FAO-MGAP, 2006). En esta serie se presentan protocolos de cría para el agente de control biológico como para su hospedero y se reportan datos de parasitismo en campo. La cría no es solo un primer paso esencial en el control biológico sino que en nuestro caso nos dio la oportunidad de estudiar en condiciones controladas aspectos clave de la biología de ambas especies, hecho importante por tratarse de insectos poco estudiados. Uruguay además, como otros países subtropicales y templados presenta una dinámica estacional de la

chinche del eucalipto que implica una importante reducción de las poblaciones de campo durante el invierno. Debido a esto la cría continua es necesaria para mantener el programa de control biológico y la investigación a lo largo del año.

Consideraciones finales

Los resultados de la investigación realizada en el marco del proyecto FO012 demostraron que a la hora de elegir sitios de oviposición la chinche del eucalipto integra información del primer nivel trófico (especie y estado de desarrollo foliar) y el segundo nivel trófico (presencia conjunta de coespecíficos y competidores heteroespecíficos, así como claves mediadas por la planta hospedera). También se demostró que el parasitoide de los huevos de la chinche localiza su hospedero mediante la utilización de claves provenientes del primer y segundo nivel trófico (Martínez, 2017). La figura 1 resume los principales aspectos discutidos en este artículo de cara en el marco del manejo integrado de esta plaga.

El sistema *Eucalyptus* spp. – *T. peregrinus* – *C. noackae* constituye un modelo interesante para el estudio de las interacciones multitróficas dado que consta de organismos australianos establecidos en un ecosistema exótico pero como algunas de las especies constituyentes son relativamente nuevas para la ciencia se requiere de más investigación para poder entender mejor los procesos ecológicos y evolutivos que operan en cada caso. Por ejemplo sería importante evaluar si la presencia de la chinche del eucalipto afecta el comportamiento del psílido de lerp. ¿Cómo afecta al psílido de lerp una colonización temprana de la chinche del eucalipto? De la misma manera sería importante saber si la chinche del eucalipto responde a la presencia del parasitoide y, si así fuera, desarrollar estrategias para minimizar el riesgo de disminución del parasitismo en el campo. La investigación debería apostar a caracterizar la naturaleza química de las claves que disparan las respuestas

observadas tanto en la chinche del eucalipto como en su parasitoide. Finalmente las estrategias de manejo deben integrarse y validarse en ensayos de campo. Para hacer esto es esencial construir una conversación fluida entre investigadores y productores fo-

restales. En esta línea los resultados de este estudio instalan en el diálogo la importancia de incluir los comportamientos de selección de sitios de oviposición en el desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas en sistemas forestales.

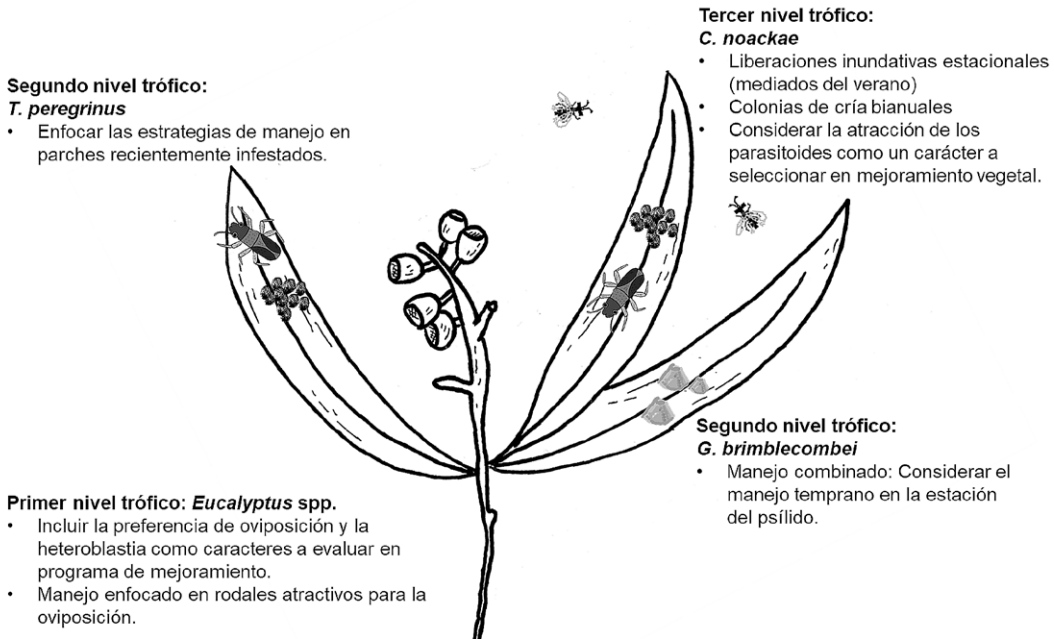


Figura 1. Sugerencias para el manejo de la chinche del eucalipto. Niveles tróficos y niveles de actuación. Adaptado de Martínez (2017).

REFERENCIAS

- BEGON M., TOWNSEND C.R., HARPER J.L.** 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Pub., Malden, MA.
- BENTANCOURT C.M., SCATONI I.B.**, 2001. *Enemigos naturales. Manual ilustrado para la agricultura y la forestación*. Facultad de Agronomía - Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur., Montevideo.
- BLACKMER J.L., RODRIGUEZ-SAONA C., BYERS J.A., SHOPE K.L., SMITH J.P.** 2004. Behavioral response of *Lygus hesperus* to conspecifics and headspace volatiles of alfalfa in a Y-tube olfactometer. *Journal of Chemical Ecology* 30 (8): 1547–1564. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000042067.27698.30>
- CIESLA W.M.** 2011. *Forest entomology: a global perspective*. Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex; Hoboken, NJ.
- COUTINHO T.A., WINGFIELD M.J., ALFENAS A.C., CROUS P.W.** 1998. *Eucalyptus Rust: A Disease with the Potential for Serious International Implications*. *Plant Disease* 82 (7): 819–825.
- CROSS D.** 2011. Parasitoids of *Thaumastocoris* spp. in the Sydney Region. PhD Thesis. University of Sydney, Australia.
- EILENBERG J., HAJEK A., LOMER C.**, 2001. Suggestions for unifying the terminology in *Biological Control*. *BioControl* 46 (4): 387–400.
- EYLES A., BONELLO P., GANLEY R., MOHAMMED C.** 2010. Induced resistance to pests and pathogens in trees. *New Phytologist* 185 (4): 893–908. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03127.x>
- FAO.** 2010. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: informe principal*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- FAO-MGAP.** 2006. *Plagas y enfermedades de eucaliptos y pinos en el Uruguay*. FAO, Montevideo.
- GARNAS J.R., HURLEY B.P., SLIPPERS B., WINGFIELD M.J.** 2012. *Biological Control* of forest plantation pests in an interconnected world requires greater international focus. *International Journal of Pest Management* 58 (3): 211–223. <https://doi.org/10.1080/009670874.2012.698764>.
- GROOT A.T., HEIJBOER A., VISSER J.H., DICKE M.** 2003. Oviposition preference of *Lygocoris pabulinus* (Het., Miridae) in relation to plants and conspecifics. *Journal of Applied Entomology* 127 (2): 65–71. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2003.00669.x>
- HUANG H.T., YANG P.** 1987. The Ancient Cultured Citrus Ant. *BioScience* 37 (9): 665–671.
- KESSLER A., BALDWIN I.T.** 2004. Herbivore-induced plant vaccination. Part I. The orchestration of plant defenses in nature and their fitness consequences in the wild tobacco *Nicotiana attenuata*. *The Plant Journal* 38 (4): 639–649. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2004.02076.x>
- MARTÍNEZ G.** 2017. Mothers in the woods: Multitrophic interactions and oviposition preference in the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*, a pest of *Eucalyptus*. PhD Thesis. Wageningen University and Research Centre, Wageningen, Netherlands.
- MARTÍNEZ G., FINOZZI M.V., CANTERO G., SOLER R., DICKE M., GONZÁLEZ A.** 2017a. Oviposition preference but not adult feeding preference matches with offspring performance in the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 163 (1): 101–111. <https://doi.org/10.1111/eea.12554>.

- MARTÍNEZ G., GONZÁLEZ A., DICKE M.** 2017b. Effect of the eucalypt lerp psyllid *Glycaspis brimblecombei* on adult feeding, oviposition-site selection and offspring performance by the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. in prensa.
- MARTÍNEZ G., SOLER R., DICKE M.** 2013. Behavioral ecology of oviposition-site selection in herbivorous true bugs. In: *Advances in the Study of Behavior*. Elsevier, pp. 175–207.
- MOREY C.S., PORCILE J.F.** 2002. Aspectos fitosanitarios del desarrollo forestal en Uruguay: antecedentes históricos y una década de sucesos. MGAP - DGF, Montevideo.
- MUTITU E.K., GARNAS J.R., HURLEY B.P., WINGFIELD M.J., HARNEY M., BUSH S.J., SLIPPERS B.** 2013. Biology and rearing of *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid for the *Biological Control of Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). *Journal of Economic Entomology* 106 (5): 1979–1985. <https://doi.org/10.1603/EC13135>.
- NOACK A.E., KAAPRO J., BARTIMOTE-AUFFLICK K., MANSFIELD S., ROSE H.A.** 2009. Efficacy of imidacloprid in the control of *Thaumastocoris peregrinus* on *Eucalyptus scoparia* in Sydney, Australia. *Journal of Arboriculture* 35 (4): 192–196.
- PÉREZ C.A., WINGFIELD M.J., ALTIER N.A., BLANCHETTE R.A.** 2009. Mycosphaerellaceae and Teratosphaeriaceae associated with *Eucalyptus* leaf diseases and stem cankers in Uruguay. *Forest Pathology* 39 (5): 349–360. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2009.00598.x>
- ROSSI J.-P., SAMALENS J.-C., GUYON D., VAN HALDER I., JACTEL H., MENASIEU P., PIOU D.** 2009. Multiscale spatial variation of the bark beetle *Ips sexdentatus* damage in a pine plantation forest (Landes de Gascogne, Southwestern France). *Forest Ecology and Management* 257 (7): 1551–1557. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.12.012>
- SIMETO S., LUPO S., BETTUCCI L., PÉREZ C., GÓMEZ D., TORRES D., MARTÍNEZ G., ALTIER N., RIVAS F.** 2012. *Desarrollo de bioinsecticidas (hongos entomopatógenos) para el control de la chinche del eucalipto Thaumastocoris peregrinus*. INIA, Tacuarembó.
- SOLIMAN E.P., WILCKEN C.F., PEREIRA J.M., DIAS T.K.R., ZACHÉ B., DAL POGETTO M.H.F.A., BARBOSA L.R.** 2012. Biology of *Thaumastocoris peregrinus* in different *Eucalyptus* species and hybrids. *Phytoparasitica* 40 (3): 223–230. <https://doi.org/10.1007/s12600-012-0226-4>

Anexo: Acrónimos de instituciones utilizados en esta serie técnica**ABRAF** Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (Brasil)**ACB** Agente de control biológico**ARP** Análisis de Riesgo de Plaga**CDB** Convenio sobre la Diversidad Biológica**CONAF** Corporación Nacional Forestal (Chile)**CONICET** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Argentina)**CONICYT** Consejo Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología (Uruguay)**COSAVE** Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur**DGF** Dirección General Forestal (Uruguay)**DGSA** Dirección General de Servicios Agrícolas (Uruguay)**EMBRAPA** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brasil)**FAO** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura**IBÁ** Industria Brasileira de Árvores**INFONA** Instituto Forestal Nacional (Paraguay)**INIA-CI** Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile).**INIA-Uy** Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Uruguay).**INIAF** Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal.**INTA** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina).**IPTA** Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria.**MGAP** Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (Uruguay).**ONPF** Organización Nacional de Protección Fitosanitaria.**PROCISUR** Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur.**SAG** Servicio Agrícola y Ganadero (Chile).**SAGPyA** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Argentina).**SENASA** Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Argentina).**UdelAR** Universidad de la República (Uruguay).**UNLu** Universidad Nacional de Luján (Argentina).**UNESP** Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

INIA Dirección Nacional

Andes 1365, P. 12

Montevideo

Tel. 598 2902 0550

Fax 598 2902 3633

iniadn@dn.inia.org.uy

INIA La Estanzuela

Ruta 50, Km 11

Colonia

Tel. 598 4574 8000

Fax 598 4522 4061

iniale@le.inia.org.uy

INIA Las Brujas

Ruta 48, Km 10

Canelones

Tel. 598 2367 7641

Fax 598 2367 7609

inia_lb@lb.inia.org.uy

INIA Salto Grande

Camino al Terrible

Salto

Tel. 598 4733 5156

Fax 598 4732 9624

inia_sg@sg.inia.org.uy

INIA Tacuarembó

Ruta 5, Km 386

Tacuarembó

Tel. 598 4632 2407

Fax 598 4632 3969

iniatbo@tb.inia.org.uy

INIA Treinta y Tres

Ruta 8, Km 281

Treinta y Tres

Tel. 598 4452 2305

Fax 598 4452 5701

iniatt@tyt.inia.org.uy

www.inia.uy