

INFORME GALAPAGOS 2011-2012

BIODIVERSIDAD Y RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS

MANEJO DEL PARÁSITO AVIAR *PHILORNIS DOWNSI* EN LAS ISLAS GALÁPAGOS: UN PLAN DE ACCIÓN COOPERATIVO Y ESTRATÉGICO

CHARLOTTE CAUSTON, FRANCESCA CUNNINGHAME Y WASHINGTON TAPIA

Para citar el documento

DPNG, CGREG, FCD y GC. 2013. Informe Galapagos 2011-2012. Puerto Ayora, Galapagos, Ecuador.

Para citar este artículo

Causton C, F Cunninghame y W Tapia. 2013. Manejo del parásito aviar *Philornis downsi* en las islas Galápagos: Un plan de acción colaborativo y estratégico. Pp. 167-173. En: Informe Galápagos 2011-2012. DPNG, CGREG, FCD y GC. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.

Se debe citar la fuente en todos los casos. Fragmentos de este producto pueden ser traducidos y reproducidos sin permiso siempre que se indique la fuente.

El contenido y las opiniones expresadas en cada uno de los artículos es responsabilidad de los autores.

*La **Dirección del Parque Nacional Galápagos** tiene su sede principal en Puerto Ayora, isla Santa Cruz, Galápagos y es la institución del Gobierno del Ecuador responsable de la administración y manejo de las áreas protegidas de Galápagos.*

*El **Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos** tiene su sede principal en Puerto Baquerizo Moreno, isla San Cristóbal, y es el organismo del Gobierno del Ecuador responsable de la planificación y administración de la provincia.*

*La **Fundación Charles Darwin**, una organización no gubernamental registrada en Bélgica, opera la Estación Científica Charles Darwin en Puerto Ayora, Isla Santa Cruz, Galápagos.*

***Galapagos Conservancy** tiene su sede en Fairfax, Virginia, EE.UU. y es la única organización en los EE.UU. sin fines de lucro enfocada exclusivamente en la protección a largo plazo del Archipiélago Galápagos*



Philornis adulta en una trampa McPhail, que contiene jugo de papaya.

Foto: © Charlotte Causton

Manejo del parásito aviar *Philornis downsi* en las islas Galápagos: Un plan de acción cooperativo y estratégico

Charlotte Causton¹, Francesca Cunninghame¹ y Washington Tapia²

¹Fundación Charles Darwin, ²Dirección del Parque Nacional Galápagos

Antecedentes

No ha tenido lugar extinción de ave alguna en las islas Galápagos desde el arribo del hombre en 1535. Sin embargo, en la actualidad las poblaciones de varias aves terrestres están declinando rápidamente, en parte debido a la mosca parásita introducida, *Philornis downsi*. Esta mosca fue registrada por primera vez en las islas Galápagos en la década de 1960, pero su impacto negativo sobre las aves fue descubierto recientemente en la década de 1990 (Causton *et al.*, 2006). Las moscas adultas ponen sus huevos en los nidos de las aves; luego las larvas de las moscas que salen de los huevos se alimentan de la sangre y el tejido de los polluelos recién eclosionados afectando su crecimiento y provocando anemia, deformaciones del pico y en última instancia incluso la muerte (Figura 1). La mortalidad de los pichones debido a estos parásitos puede ser tan alta como el 100% (referencias citadas en O'Connor *et al.*, 2010). Hasta el momento se ha registrado la presencia de moscas en 13 islas, con el mayor número de moscas en las islas habitadas; de las 15 islas monitoreadas, solo Genovesa y Española están libres de estos parásitos (Figura 2). Al menos 16 especies de aves endémicas, una nativa y una introducida son atacadas por *P. downsi* (Tabla 1). El impacto de la mosca en las aves es una seria amenaza especialmente para especies vulnerables y con un bajo número de individuos. El parasitismo de *P. downsi* está ya implicado en la reducción de especies endémicas críticamente amenazadas como el pinzón de manglar (*Camarhynchus heliobates*) y el pinzón de árbol de pico mediano (*C. pauper*) (Fessl *et al.*, 2010; O'Connor *et al.*, 2010).

Hasta el momento, no hay técnicas conocidas para mitigar efectivamente la amenaza de *P. downsi*. A pesar de los considerables esfuerzos de la Fundación Charles Darwin (FCD) y sus colaboradores, existen aún brechas sustanciales en el entendimiento de la biología y ecología de *P. downsi*, lo que ha impedido el desarrollo de métodos para el control de esta mosca. Más aún, poco se sabe sobre *P. downsi* en su rango nativo (Trinidad y Brasil). Por esto, la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) y la FCD organizaron un taller internacional en febrero de 2012 reuniendo a expertos locales e internacionales para encontrar una solución para el manejo de *P. downsi*.

Los participantes del taller concluyeron que el desarrollo de herramientas efectivas de manejo dependerán del esfuerzo conjunto y coordinado entre expertos de diferentes partes del mundo (Argentina, Austria, Ecuador, Trinidad y Estados Unidos de América) quienes trabajan en diversas áreas de la biología, control y manejo de insectos, y ornitología. Las actividades de investigación y sus prioridades están delineadas en un plan estratégico de investigación que fue desarrollado por los especialistas durante el taller (<https://sites.google.com/site/philornisworkinggroup/action-plan>).

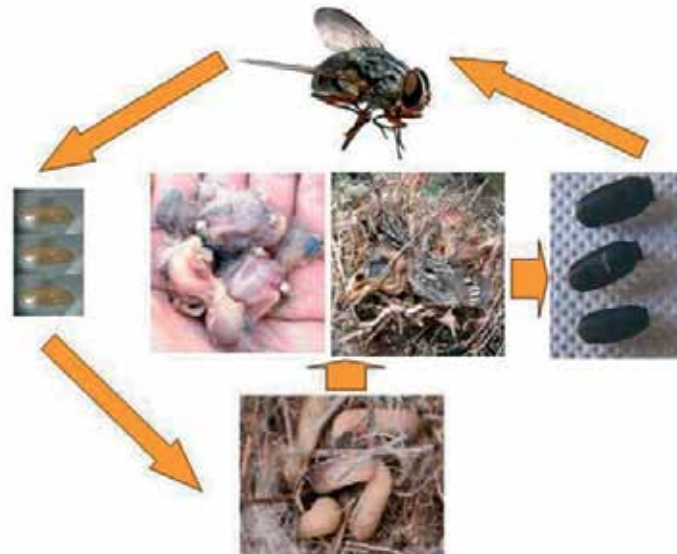


Figura 1. Ciclo de vida de *P. downsi*. Los adultos se alimentan de plantas y frutas en descomposición. La mosca hembra pone los huevos en los nidos de aves. Después de 1-2 días las larvas eclosionan y se meten dentro de los orificios nasales de los polluelos. La larva madura emigra fuera del polluelo, pasando el día en la base del nido y alimentándose de la sangre como ectoparásitos durante la noche. Las larvas se convierten en pupas en la base del nido después de 7 días y emergen como moscas aproximadamente 14 días más tarde.



Figura 2. Distribución de *P. downsi* en las islas Galápagos. De las 15 islas investigadas, solo Genovesa y Española no han sido invadidas por la mosca (Wiedenfeld *et al.*, 2007; B Fessl y P Lincango, com. pers.).

Las preguntas y acciones claves de investigación aparecen a continuación y resaltan la complejidad del desarrollo de un programa de manejo para un insecto invasor.

Objetivo 1:

Comprender la biología y ecología de *Philornis downsi*

¿Por qué/cómo *P. downsi* emerge en números tan grandes al inicio de la temporada reproductiva de aves? ¿Dónde están las moscas durante la época seca?

Los estudios sugieren que las zonas húmedas de vegetación de las islas Galápagos actúan como un reservorio para las moscas durante la época seca. Algunas

aves pueden reproducirse todo el año en esta zona manteniendo así una población permanente de moscas. Se llevarán a cabo monitoreos para determinar si las moscas se mueven de la zona húmeda a la zona seca cuando las condiciones son favorables.

¿Está el comportamiento de la mosca guiado por atrayentes químicos?

La investigación de atrayentes químicos es importante porque los atrayentes pueden ser usados para atrapar a las moscas, las que a su vez pueden ser usadas para monitorear las poblaciones de la plaga o para suprimir los números de las moscas (ver abajo). Estudios preliminares sugieren que *P. downsi* puede producir una feromona

Tabla 1. Aves anfitrionas de *P. downsi* en Galápagos.

Nombre científico (origen: E = endémica, N = Nativa)	Nombre común
<i>Camarhynchus heliobates</i> (E)	Pinzón de manglar
<i>Camarhynchus pallidus</i> (E)	Pinzón carpintero
<i>Camarhynchus parvulus</i> (E)	Pinzón pequeño de árbol
<i>Camarhynchus pauper</i> (E)	Pinzón mediano de árbol
<i>Camarhynchus psittacula</i> (E)	Pinzón grande de árbol
<i>Certhidea olivacea</i> (E)	Pinzón cantor
<i>Coccyzus melacoryphus</i> (N)	Aguatero
<i>Crotophaga ani</i> (I)	Garrapatero
<i>Dendroica petechia</i> (N)	Canario María
<i>Geospiza fortis</i> (E)	Pinzón mediano de tierra
<i>Geospiza fuliginosa</i> (E)	Pinzón pequeño de tierra
<i>Geospiza magnirostris</i> (E)	Pinzón grande de tierra
<i>Geospiza scandens</i> (E)	Pinzón de cactus
<i>Mimus melanotis</i> (E)	Cucuve de San Cristóbal
<i>Mimus parvulus</i> (E)	Cucuve de Galápagos
<i>Mimus trifasciatus</i> (E)	Cucuve de Floreana
<i>Myiarchus magnirostris</i> (E)	Papamoscas de Galápagos
<i>Pyrocephalus rubinus</i> (E)	Pájaro brujo

para atraer a una pareja y que las moscas son atraídas por productos en fermentación y olores producidos por proteínas en descomposición (Muth, 2007; Lincango y Causton, 2008a; Collignon y Teale, 2010). Se requieren experimentos adicionales para determinar qué atrae a las moscas a los nidos, cómo localizan las moscas a sus parejas y qué alimentos las atrae.

¿Dónde copulan las moscas y cuál es su biología reproductiva?

El comprender el sistema de apareamiento de la mosca es crítico para el desarrollo de un programa de manejo. Si fuésemos capaces de determinar dónde ocurre el apareamiento (e.g., en alimentos o en nidos), podríamos encontrar olores atrayentes que estén asociados con la localidad del apareamiento y entonces diseñar un método de trapeo. Por otro lado, entender los puntos de partida que dan inicio al comportamiento de la cópula y la puesta de huevos es fundamental para evaluar la factibilidad de utilizar la Técnica de Insectos Estériles (ver abajo).

¿Cuáles son las capacidades de dispersión de *P. downsi*?

P. downsi probablemente fue introducido por primera vez a Galápagos con frutas importadas, palomas/pollos o material de anidación, o en las bodegas de los aviones. Es posible que haya habido más de un evento de introducción. El comprender la capacidad de dispersión de *P. downsi* es crucial para determinar qué métodos

de control podrían ser efectivos. Por ejemplo, si una reinvasión es altamente probable, el manejo debería enfocarse en supresión y/o manejo a largo plazo en vez de en la erradicación. La ruta de colonización de *P. downsi* dentro del archipiélago puede haber sido natural (por el viento) y/o asistido (en frutas, atraídas por las luces de las embarcaciones, etc.). Los estudios sugieren que *P. downsi* puede dispersarse sobre grandes distancias y puede colonizar nuevas áreas por sus propios medios (Dudaniec et al., 2008). El monitoreo de aviones y barcos, y un análisis de la estructura genética de la población ayudará a confirmar cómo se dispersa *P. downsi*.

¿Cómo podemos reproducir a *P. downsi* en cautiverio?

El poder reproducir a *P. downsi* en cautiverio es crucial para el desarrollo de técnicas de control tales como control biológico y Técnica de Insectos Estériles. Entre 2007-2008, la FCD realizó un esfuerzo considerable tratando de criar *P. downsi* en cautiverio, con un éxito parcial. Los investigadores no fueron capaces de encontrar un medio apropiado para lograr que las moscas hembras pongan huevos o para criar las larvas recién eclosionadas. Para permitir una crianza masiva es necesario desarrollar dietas fáciles de preparar para todos los estados de vida de la mosca y definir qué estimula la puesta de huevos en el laboratorio.

¿Cómo se comportan *P. downsi* y otras especies relacionadas en sus rangos nativos e introducidos, y cómo se relaciona esto con el ambiente?

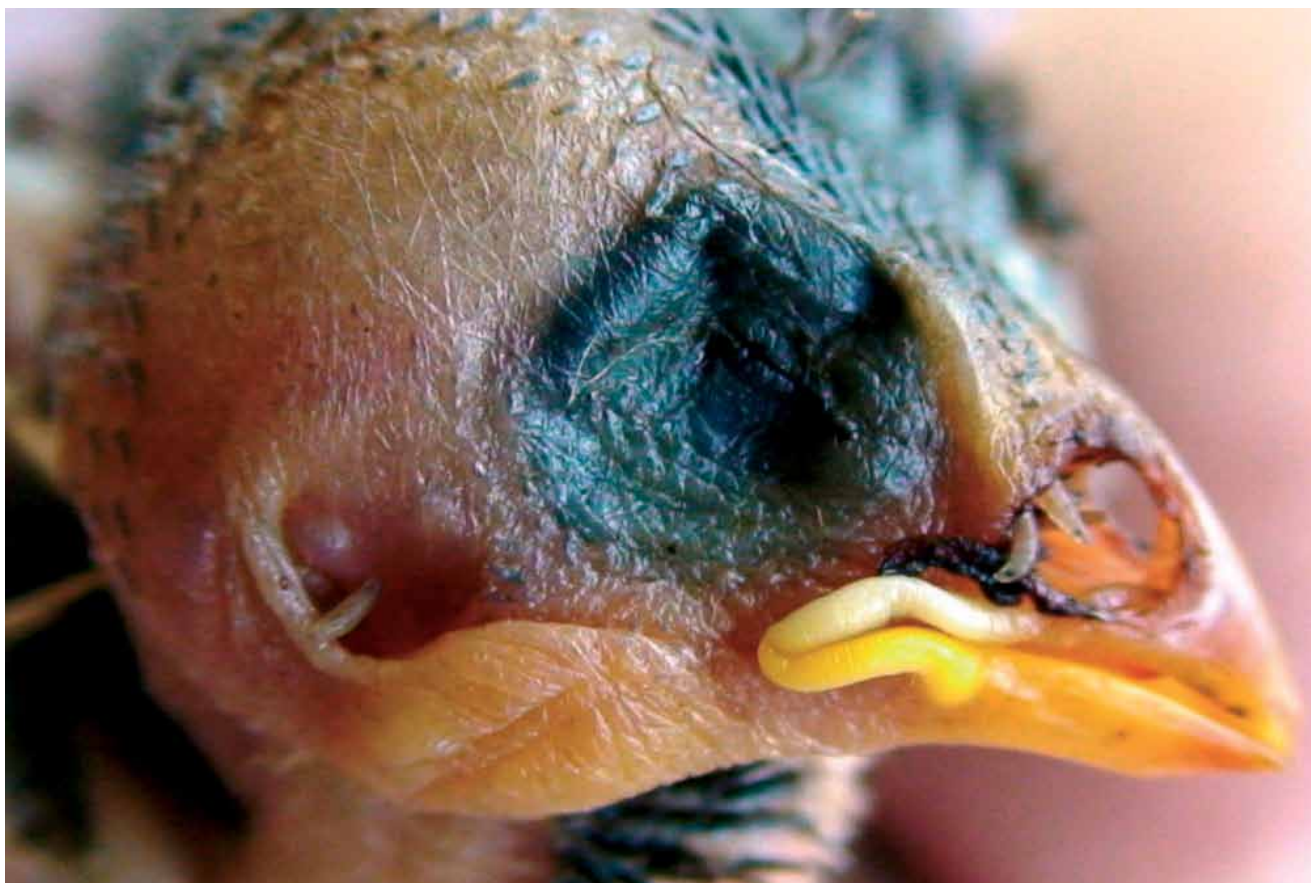


Figura 2. Larvas alimentándose de un polluelo de pinzón de Galápagos. Foto: J. O'Connor, Universidad Flinders

Investigaciones paralelas de *P. downsi* y especies cercanas relacionadas en sus rangos nativo e introducido pueden ayudarnos a comprender su biología. El género *Philornis* incluye cerca de 50 especies y su principal distribución es América Central y América del Sur, extendiéndose hacia la parte sur de Estados Unidos. Se ha reportado *P. downsi* en Trinidad y Brasil, de donde se piensa es originaria (Dudaniec y Kleindorfer, 2006). Recientemente se la encontró en Argentina a donde probablemente se ha dispersado de manera natural (Silvestri *et al.*, 2011). No se sabe si se la encuentra en el Ecuador continental.

¿Es *P. downsi* un vector de enfermedades?

Un estudio de Aitken *et al.* (1958) demostró que las larvas de algunas especies de *Philornis* pueden transmitir arbovirus a las aves. Se desconoce si *P. downsi* juega un rol en la transferencia de virus entre aves y es importante que esto sea investigado.

Objetivo 2:

Desarrollar métodos para el manejo eficaz de *P. downsi*

En la actualidad no existen métodos para el control eficaz de *P. downsi*. Dada la urgencia de proteger especies de aves amenazadas, los participantes del taller concluyeron que mientras se desarrollan métodos

de control a largo plazo, es imperativo que se elabore e implemente un plan de manejo inmediato para proteger a las aves, aún cuando los métodos iniciales den como resultado solo una reducción parcial de la mortalidad de las aves.

¿Qué métodos podemos implementar a corto plazo para reducir los números de *P. downsi* en las áreas de anidación de especies de aves altamente amenazadas?

A la fecha, la aplicación de 1% de permetrina en la base del nido es el único método que ha demostrado ser eficaz en la reducción de los números de la mosca y en el incremento de la supervivencia de los polluelos (Koop *et al.*, 2011). Se necesita investigaciones adicionales para determinar la seguridad del uso de permetrina en especies amenazadas y para diseñar métodos para la colocación del insecticida en nidos en árboles de hasta 25 m de altura.

Este método combinado con trampas con atrayentes como papaya y azúcar, en momentos claves durante la época de anidación, pueden incrementar la supervivencia de los polluelos. Puede ayudar también la remoción de los nidos abandonados.

¿Qué opciones a largo plazo podemos usar para el manejo de *P. downsi*?

Existen varias opciones potenciales de manejo para *P. downsi* que pudieran ser investigadas simultáneamente (Tabla 2). Para la erradicación de *Philornis* del archipiélago podrían utilizarse técnicas como la disrupción del apareamiento o Técnica de Insectos Estériles. Sin embargo, debido a su extensa distribución, la erradicación solo podría ser posible si no ocurrieran nuevas introducciones de *P. downsi* de manera regular y si se garantizara un

financiamiento a largo plazo. Una combinación de estrategias de manejo puede ser la mejor opción para reducir a un nivel aceptable el daño ocasionado por *P. downsi*. Monitoreos y evaluaciones regulares señalarán el éxito o el fracaso.

Trampeo masivo con atrayentes (prioridad alta). El trampeo masivo utilizando atrayentes es una técnica útil

Tabla 2. Resumen de las opciones de manejo para *P. downsi*.

Opciones de manejo	Ventajas	Desventajas
Trampeo con feromonas u otros atrayentes	<ul style="list-style-type: none"> Método eficaz para proteger especies amenazadas con poblaciones restringidas Herramienta importante para el monitoreo de poblaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Solo puede ser usado en áreas pequeñas Necesita ser aplicado de forma regular No todos los métodos son específicos para la especie
Interrupción del apareamiento con feromonas	<ul style="list-style-type: none"> Específico para la especie y seguro ecológicamente Debería ser usado en combinación con otras técnicas Más efectivo en el control de densidades poblacionales bajas o moderadas de pestes (inversamente dependiente de la densidad) Trabaja mejor si se tratan áreas grandes Puede tratar áreas inaccesibles Puede dar como resultado erradicación 	<ul style="list-style-type: none"> Costoso
Control biológico clásico (importación de enemigos naturales)	<ul style="list-style-type: none"> Puede ser específico para el género o la especie Ecológicamente seguro Usado en áreas grandes Puede ser aplicado sobre topografía dificultosa Permanente y autosustentable Buena relación costo-beneficio 	<ul style="list-style-type: none"> Toma más tiempo desarrollar Difícil de conocer el nivel de control hasta que haya sido liberado
Control biológico aumentativo (utilización de enemigos naturales que ya se encuentran en Galápagos)	<ul style="list-style-type: none"> Puede ser específico para el género o la especie Ecológicamente seguro Usado en áreas grandes Costos más bajos para su desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> Talvez no sea autosustentable y pueda requerir la liberación periódica del enemigo natural
Control químico (IGRs, insecticidas, inhibidores de quitinasa, etc.) y biopesticidas	<ul style="list-style-type: none"> Algunos como los IGRs son más seguros y más específicos al grupo Pueden ser útiles para proteger a especies amenazadas con poblaciones restringidas 	<ul style="list-style-type: none"> Algunas son de amplio espectro y la seguridad dependería de la técnica que sea usada para liberar el insecticida Solo efectivo en áreas pequeñas Requiere aplicaciones repetidas Con el tiempo puede desarrollar resistencia
Técnica de Insectos Estériles	<ul style="list-style-type: none"> Método de control específico para especies Puede ser aplicado en topografía dificultosa Inversamente dependiente de la densidad Se integra bien con otros métodos Puede dar como resultado erradicación También puede utilizarse para supresión y exclusión a largo plazo si una reinvasión fuera probable (e.g., programa de liberación preventiva de California) 	<ul style="list-style-type: none"> Costoso

para suprimir poblaciones en áreas de alto valor para la conservación, pero no para control en un archipiélago entero. Los atrayentes químicos son también ventajosos para medir poblaciones a través del tiempo o para medir la eficacia de otros programas de control como la Técnica de Insectos Estériles y el control biológico. Si se encontrara que las moscas usan atrayentes, sería posible sintetizar el atrayente para utilizarlo en un programa de trampeo.

Interrupción del apareamiento con feromonas (prioridad alta). El efecto general de la interrupción del apareamiento es el de confundir al macho enmascarando las feromonas naturales producidas por la hembra al liberar una feromona sintética en el hábitat de la plaga. Esto produce que el macho siga las "huellas de la feromona falsa" reduciendo la probabilidad de una localización y apareamiento exitosos con las hembras, lo que conduce a la eventual interrupción de la reproducción y el colapso de la infestación de insectos. Si se encontrara que las moscas usan feromonas, podría ser posible sintetizar estas feromonas para liberarlas en grandes extensiones del archipiélago.

Control biológico (prioridad media/alta). El control biológico, si se usa cuidadosamente, puede ser altamente efectivo en el mantenimiento de plagas en áreas grandes a niveles que no produzcan daño. Hasta hace poco, el control biológico se utilizaba principalmente en el campo agrícola, pero más recientemente ha sido usado en ecosistemas naturales para conservar especies amenazadas, incluyendo en las islas Galápagos, donde la mariquita australiana (*Rodolia cardinalis*) se utilizó para reducir el impacto de la escama algodonosa (*Icerya purchasi*) en plantas endémicas (Calderón *et al.*, 2012). Los enemigos naturales de *P. downsi*, en particular aquellas que son especialistas en cuanto a su alimentación, podrían ser altamente eficaces en la reducción de *P. downsi* a niveles no dañinos. Existen dos tipos de control biológico que pudieran ser usados: 1) control biológico aumentativo en el que los enemigos naturales que se encuentran ya en Galápagos son criados masivamente y liberados, o 2) control biológico clásico mediante la importación de los enemigos naturales del rango nativo de la mosca. Hasta el momento se han criado cuatro especies de avispas parásitas de las pupas de *Philornis* en Galápagos. Todas se alimentan de manera generalista y pueden tener un efecto sobre las especies nativas y por esto, probablemente no son apropiadas para su utilización como parte del programa de control biológico (Lincango y Causton, 2008b). No hay registros de parasitoides de *P. downsi* en su rango nativo; sin embargo, se conoce que por lo menos tres especies de avispas parasitan especies de *Philornis* (Couri *et al.*, 2006; Di Iorio y Turienzo, 2011).

Control químico (prioridad alta). Reguladores del crecimiento de insectos (IGR por sus siglas en inglés), inhibidores de quitinasa o biopesticidas como las toxinas de *Bacillus thuringiensis* y Spinosad, pudieran ser útiles para controlar *Philornis* en áreas de alto valor

para la conservación como Los Gemelos o en las áreas de anidación de especies amenazadas. La escala del uso de estos métodos depende de la técnica de distribución y pudiera incluir técnica de salpicadura en árboles y/o inyección/rociado en nidos. Estos compuestos son más seguros y más eco-amigables que los insecticidas tradicionales que se utilizan ampliamente para el control de moscas, y son de bajo riesgo para los organismos no objetivo.

Técnica de Insectos Estériles (prioridad media/alta). La Técnica de Insectos Estériles (SIT por sus siglas en inglés) es un método para el control de plagas en el cual se liberan grandes cantidades de machos estériles. Cuando las hembras silvestres fértiles se aparean con estos machos, su reproducción se reduce por varias generaciones de manera que la población disminuye hasta una densidad insostenible y se muere. Este método ha sido usado contra varias especies de plagas (Hendrichs *et al.*, 2005). Es altamente específico para la especie (no causa daño a otras especies) y es benigno para el ambiente. Los requerimientos para valorar la factibilidad de SIT incluyen el conocimiento sobre la biología reproductiva de la plaga (apareamiento y comportamiento para la postura de huevos, dieta, condiciones ambientales, cómo criar la plaga en cautiverio), y disponibilidad de métodos de monitoreo y supresión de poblaciones. SIT trabaja mejor cuando le sigue a una supresión inicial de población; los programas SIT dependen de la densidad poblacional y a menudo se usan en combinación con otras técnicas.

Conclusiones

Especies íconos de aves están declinando en Galápagos, en gran parte a causa de *P. downsi*. Por ello, se requieren acciones mayores y urgentes. Se ha diseñado un plan estratégico de investigación para el desarrollo de herramientas eficaces para el manejo de esta especie invasora. La investigación se realizará paralelamente por científicos en diferentes partes del mundo para encontrar una solución tan pronto como sea posible. El éxito de este plan dependerá del acercamiento cooperativo entre especialistas con intercambios regulares de comunicación sobre el progreso de cada actividad; del compartir oportuno de publicaciones o artículos nuevos y relevantes; y especialmente del desarrollo de estrategias conjuntas en la búsqueda de oportunidades de financiamiento.

Agradecimientos

El taller fue posible por el generoso apoyo de Galapagos Conservancy, Galapagos Conservation Trust y Durrell Wildlife Conservation Trust.

Referencias

- Aitken THG, WG Downs & CR Anderson. 1958. Parasitic *Philornis* flies as possible sources of arbor virus infections (Diptera, Anthomyiidae). *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 99:635-637.
- Causton CE, SB Peck, BJ Sinclair, L Roque-Albelo, CJ Hodgson & B Landry. 2006. Alien insects: Threats and implications for the conservation of the Galapagos Islands. *Annals of the Entomological Society of America* 99:121-143.
- Calderón Alvarez C, CE Causton, MS Hoddle, C Hoddle, R Van Driesche & E Stanek III. 2012. Monitoring the effects of *Rodolia cardinalis* on *Icerya purchasi* populations on the Galapagos Islands. *BioControl* 57:167-179.
- Collignon RM & SA Teale. 2009. Chemical ecology of *Philornis downsi* (Diptera: Muscidae) an invasive avian parasite to the Galapagos Islands. Technical Report.SUNY, Environmental Science and Forestry, Syracuse, NY.
- Couri MS, MT Tavares MT & RR Stenzel. 2006. Parasitoidism of chalcidid wasps (Hymenoptera: Chalcididae) on *Philornis* sp. (Diptera: Muscidae). *Brazilian Journal of Biology* 66:553-557.
- Di Iorio O & PTurienzo. 2011. A preliminary bibliographic survey of the insects found in poultry houses from the Neotropical Region, with remarks on selected taxa shared with native birds' nests. *Zootaxa* 2858:1-60.
- Dudaniec RY & S Kleindorfer. 2006. The effects of the parasitic flies *Philornis* (Diptera: Muscidae) on birds. *Emu* 106:13-20.
- Dudaniec RY, MG Gardner, S Donnellan & S Kleindorfer. 2008. Genetic variation in the invasive avian parasite, *Philornis downsi* (Diptera, Muscidae) on the Galapagos archipelago. *BMC Ecology* 8, doi:10.1186/1472-6785-8-13
- Fessl B, HG Young, RP Young, J Rodríguez-Matamoros, M Dvorak & S Tebbich. 2010. How to save the rarest Darwin's finch from extinction: The mangrove finch on Isabela Island. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences* 365:1019-1030.
- Hendrichs J, MJB Vreysen, W Enkerlin & JP Cayol. 2005. Strategic options in using sterile insects for area-wide integrated pest management. En: *Sterile Insect Technique. Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management*. V A Dyck, J Hendrichs & AS Robinson. Dordrecht, The Netherlands, Springer:563-600.
- Koop JAH, SK Huber, SM Laverty & DH Clayton. 2011. Experimental demonstration of the fitness consequences of an introduced parasite of Darwin's finches. *PLoS ONE*, 6(5):e19706, doi: 10.1371/journal.pone.0019706.
- Lincango P & CE Causton. 2008a. Ensayos de atrayentes para la captura de la mosca parásito, *Philornis downsi* (Diptera: Muscidae) en las Islas Galápagos. Reporte técnico, Fundación Charles Darwin, 21 pp.
- Lincango P & CE Causton. 2008b. Crianza en cautiverio de *Philornis downsi*, en las islas Galápagos. Reporte técnico, Fundación Charles Darwin, Santa Cruz, Galápagos.
- Muth A. 2007. Control of *Philornis downsi*, bird parasite. Technical report, Charles Darwin Foundation, 27 pp.
- O'Connor JA, FJ Sulloway, J Robertson & S Kleindorfer. 2010. *Philornis downsi* parasitism is the primary cause of nestling mortality in the critically endangered Darwin's medium tree finch (*Camarhynchus pauper*). *Biodiversity and Conservation* 19:853-866.
- Silvestri L, LR Antoniazzi, MS Couri, LD Monje & PM Beldomenico. 2011. First record of the avian ectoparasite *Philornis downsi* Dodge & Aitken, 1968 (Diptera: Muscidae) in Argentina. *Syst Parasitol* 80(2):137-40.
- Wiedenfeld DA, UGA Jiménez, B Fessl, S Kleindorfer & JC Valarezo. 2007. Distribution of the introduced parasitic fly *Philornis downsi* (Diptera, Muscidae) in the Galapagos Islands. *Pacific Conservation Biology* 13:14-19.