

Para Citar: Pérez-Consuegra, N., Mirabal, L. and Jiménez, L.C., 2018. The role of biological control in the sustainability of the Cuban agri-food system. *Elem Sci Anth*, 6(1), p.79.

DOI: <http://doi.org/10.1525/elementa.326>

Papel del control biológico en la sostenibilidad del sistema agroalimentario cubano

Nilda Pérez-Consuegra*, Luis Mirabal y Luis C. Jiménez

Grupo Manejo Biológico de Plagas, Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

*nilda@unah.edu.cu

Resumen

Se analiza el modo en que el control biológico está insertado en el sistema agroalimentario cubano y se presenta una experiencia a escala de país que demuestra que los problemas de plagas se pueden enfrentar desde una perspectiva ecológica y sostenible. El control biológico es uno de los componentes claves del enfoque sistémico que caracteriza el manejo de plagas, su implementación ha permitido la retirada de un grupo de Plaguicidas Altamente Peligrosos de la Lista Oficial de Plaguicidas Autorizados, y la disminución en el uso de otros. El énfasis mayor ha sido puesto en el control biológico aumentativo, esa es la tendencia seguida en todo el mundo. La producción artesanal se realiza en 176 Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos, distribuidos por todo el territorio nacional; funcionan cuatro plantas de producción industrial y plantas e instalaciones pilotos en los centros de investigación. Los agentes de control biológico que en mayor cantidad se reproducen son: los parasitoides *Lixophaga diatraeae* (Townsend) (Diptera: Tachinidae) y *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae), los entomopatógenos *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bacillales: Bacillaceae) y *Beauveria bassiana* sensu lato (Bals.-Criv.) Vuill. (Hypocreales: Cordycipitaceae), el antagonista *Trichoderma* Persoon (Ascomycota: Hypocreales: Hypocreaceae), y los nematodos del género *Heterorhabditis* Poinar (Nematoda: Rhabditida: Heterorhabditidae). El uso de ácaros depredadores en estrategias inoculativas está limitado por su escasa disponibilidad, a pesar de que se han evaluado diferentes alternativas para su reproducción masiva con resultados alentadores. Los logros y avances alcanzados en el control biológico clásico y aumentativo y los cambios producidos en la visión y en el pensamiento agrícola cubano han sentado sólidas bases para el control biológico por conservación de enemigos naturales. Esta última es la estrategia que tiene un verdadero valor para la agricultura sostenible.

Introducción

La conciencia pública a escala global acerca de la peligrosidad que implica el uso de plaguicidas de síntesis química ha aumentado en los últimos 20 años. Este aumento se debe a un grupo cuantioso de acciones realizadas por numerosas organizaciones e instituciones en todo el mundo. Entre dichas acciones y hechos se destacan: los avances en el conocimiento científico acerca de los impactos negativos del uso de los plaguicidas sobre la salud humana, animal, del suelo y de los ecosistemas (Pretty, 2005; Viewege et al., 2014; IARC, 2015a; 2015b; TFSP, 2015); la existencia de convenios y tratados internacionales jurídicamente vinculantes en relación con el uso de dichas sustancias, a saber Róterdam, Estocolmo y Montreal (Weinberg, 2008); el llamado a los gobiernos que desde 2006 vienen haciendo la FAO y OMS para la eliminación gradual de los Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAP) (FAO, 2006); la aprobación del «Enfoque Estratégico para la Gestión de los Productos Químicos a Nivel Internacional» (SAICM por sus siglas en inglés) (UNEP, 2006); y la edición de una lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos que desde 2009 publica la Red Internacional de Plaguicidas (PAN, por sus siglas en inglés) (PAN Internacional, 2016). Entre las acciones más recientes se destaca que en el 34° período de sesiones del Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas, celebrado del 27 de febrero al 24 de marzo de 2017, la Relatora Especial sobre el derecho a la alimentación, Hilal Elver, recomendó ir más allá de los instrumentos voluntarios para que la comunidad internacional elabore un tratado amplio y vinculante que incluya *«elaborar políticas para reducir el uso de plaguicidas en todo el mundo y un marco para la prohibición y la eliminación progresiva de los plaguicidas altamente peligrosos»* (ONU, 2017).

En este contexto de políticas públicas e instrumentos políticos que en apretada síntesis se ha descrito ¿qué papel juega el control biológico (CB)? En primer lugar, el CB se encuentra entre las principales alternativas al uso de plaguicidas. Las experiencias de éxito en diferentes países muestran que es indiscutible su papel positivo en el manejo de plagas en la agricultura sostenible (Bettioli et al., 2014; Parra, 2014; Cock et al., 2016; van Lenteren et al., 2017).

Hoy coexisten diferentes escuelas de CB, pero en la mayoría el principio fundacional está basado en elementos de ecología de insectos y en la reducción de los plaguicidas de amplio espectro de acción (Warner et al., 2011). Entre los conceptos de CB más aceptados se encuentra el siguiente: *«El control biológico es el uso de organismos vivos para suprimir la población o el impacto de un organismo*

plaga específico, haciendo este menos abundante o menos dañino de lo que podría ser en su ausencia» (Eilenberg et al., 2001, p.390). Un número considerable de esos organismos puede ser utilizado como agentes de control biológico (ACB). En el mercado están disponibles más de 440 especies de ACB (van Lenteren et al., 2017). Hoy América Latina y el Caribe se ubican entre las regiones donde se está produciendo un crecimiento significativo del mercado de ACB (van Lenteren, 2012; van Lenteren et al., 2017). En 2012 esta región ocupaba el cuarto lugar (de cinco regiones) en la comercialización de ACB (Veronelli, 2012; van Lenteren et al., 2017).

El CB en Cuba, en su concepción más amplia, tiene una extensa y rica historia, que ha pasado por el conocimiento del control biológico natural (CBN) y la implementación de las tres estrategias de CB aplicado: el control biológico clásico (CBC), el control biológico aumentativo (CBA) (inundativo e inoculativo), y el control biológico por conservación (CBCo). Los estudios sobre el CBN posibilitan conocer, en parte, la diversidad de especies endémicas y nativas de enemigos naturales, y el entendimiento de los principios y relaciones que sustentan el servicio ecosistémico de regulación natural de plagas (van Lenteren, 2006; Gillespie y Wratten, 2012).

El CB es uno de los componentes claves del enfoque sistémico que caracteriza el manejo integrado de plagas y el manejo ecológico de plagas. Su implementación ha favorecido la retirada de un grupo de Plaguicidas Altamente Peligrosos de la Lista Oficial de Plaguicidas Autorizados de la República de Cuba (MINAG, 2016) y la disminución en el uso de otros (Pérez et al., 2010). El análisis desde una perspectiva histórica de los avances en este campo permite afirmar que se ha mantenido una tendencia positiva hacia el progreso, a pesar de las dificultades económicas que atraviesa el país, que de manera incuestionable afectan la investigación científica y la divulgación, aplicación y extensión de sus resultados a la práctica social.

Se conoce que el éxito del CB depende fuertemente de las inversiones gubernamentales en investigación y desarrollo, y de las instituciones comprometidas con la disminución de la relevancia de los plaguicidas (Bale et al., 2008). En Cuba, en el período más agudo de la crisis económica de los 90s se destinó una parte de los escasos recursos financieros con que contaba el país para continuar con la investigación-desarrollo en CB, y se intensificó el trabajo conducente a la disminución de la relevancia de los plaguicidas. Lo que ocurrió no fue una simple sustitución de insumos, al estilo de lo que sucede

en otros lugares, la idea no era entonces ni lo es hoy «quitar un químico para poner un biológico».

La tríada formada por los conceptos de sostenibilidad, agricultura sostenible y agroecología entra a Cuba de la mano de la crisis económica que se inició con la caída del campo socialista. Ese es el punto de partida de las pasadas y actuales transformaciones que a escala nacional ocurrieron y se están produciendo en la agricultura cubana. Ya en 1990 los dos Programas Nacionales de Lucha Biológica iniciados en los 80s (Ver más adelante en Tabla 1) habían avanzado lo suficiente para enfrentar los retos del periodo en materia de sanidad vegetal.

Las estrechas relaciones de colaboración científica con los países del extinto bloque socialista, en especial con la URSS, contribuyeron de manera notable a los progresos en el campo del control biológico aumentativo, lo que en cierto grado ayudó a la adquisición de lo que hoy se llama soberanía tecnológica, a saber, el uso de tecnologías que en aquel momento era posible y necesario: tecnologías artesanales, locales y de bajos insumos. Sin hacerlo conscientemente (pues era difícil imaginar desde Cuba el derrumbe del campo socialista) estábamos construyendo resiliencia en un determinado grado. La palabra resiliencia se incorporó después a nuestro vocabulario, pues la palabra resistencia que tiene otro significado, siempre estuvo presente. Este artículo explica como el CB favoreció y debe seguir favoreciendo la sostenibilidad del sistema agroalimentario cubano, y además presenta una experiencia a escala de país que demuestra que los problemas de plagas se pueden enfrentar desde una perspectiva ecológica y sostenible.

Momentos importantes en la historia del control biológico en Cuba

La historia del CB en Cuba tiene más de 100 años (Massó, 2007). En parte tiene un origen parecido al de otras naciones: observación de acciones de control natural como parasitismo, parasitoidismo, depredación y enfermedades, y la introducción de enemigos naturales.

En la primera mitad del siglo veinte se importaron varios enemigos naturales, pero en el curso del tiempo las introducciones fueron pocas (Tabla 1). En el país la mayor atención ha sido dada al CBA, pero a diferencia de lo que ocurre en gran parte del mundo, en Cuba, al igual que en Argentina y Brasil, la mayoría de los enemigos naturales usados en CBA no son especies introducidas (van Lenteren, 2012). En Pérez (2007) se encuentra información más detallada acerca de evolución histórica

del CB en Cuba.

Tabla 1. Cronología de casos y sucesos notables relacionados con el control biológico en Cuba (1904-2016)

Año	Caso o suceso	Enemigo natural	Plagas	Referencias
1904	Creación de la Estación Central Agronómica de Santiago de las Vegas (hoy, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt).			Martínez, 2004
1906	Informe Anual 1904-1905 de la Estación Central Agronómica del que forma parte la publicación <i>Algunas Coccinellidae de Cuba</i> de George W. Dimmock.	Coccinélidos	En lo fundamental: áfidos, cóccidos, pseudocóccidos, moscas blancas y ácaros	Dimmock, 1906
1914	Wolcott observó por primera vez un parasitoide sobre larvas de bórer del tallo de la caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp. L.), con una amplia dispersión en cañaverales de las provincias Matanzas, La Habana, Las Villas y Oriente.	<i>Lixophaga diatraeae</i> (Townsend) (Diptera: Tachinidae)	<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius, sensu Guenée (Lepidoptera: Crambidae)	Fernández, 2002
1917	Primera introducción de un insecto depredador.	<i>Cryptolaemus montrouzieri</i> Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae)	<i>Pseudococcus</i> spp. (Hemiptera: Pseudococcidae)	Milán et al., 2005 Kairo et al., 2013
1928	Segunda introducción de un depredador.	<i>Rodolia cardinalis</i> (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae)	<i>Icerya purchasi</i> Maskell (Hemiptera: Monophlebidae)	DeBach and Rosen, 1991
1930 - 1931	Importación desde Singapur de tres parasitoides para su liberación en campos de cítricos (<i>Citrus</i> spp. L.).	<i>Eretmocerus serius</i> Silvestri, (Hymenoptera: Aphelinidae)	<i>Aleurocanthus woglumi</i> Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae)	DeBach and Rosen, 1991
		<i>Encarsia divergens</i> Silvestri (Hymenoptera: Aphelinidae)	<i>A. woglumi</i>	DeBach and Rosen, 1991
		<i>Encarsia smithi</i> Silvestri (Hymenoptera: Aphelinidae)	<i>A. woglumi</i>	DeBach and Rosen, 1991
1930	Importación por Curtis P. Clausen de dos depredadores con destino a plantaciones de cítricos.	<i>Catana clauseni</i> Chapin, (Coleoptera: Coccinellidae)	<i>A. woglumi</i>	DeBach and Rosen, 1991
		<i>Scymnus smithianus</i> Silvestri (Coleoptera: Coccinellidae)	<i>A. woglumi</i>	DeBach and Rosen, 1991
1930s	L. C. Scaramuzza comienza los estudios de la biología, reproducción y liberación de la mosca cubana. Este hecho se considera el punto de partida del desarrollo del control biológico aplicado en Cuba.	<i>L. diatraeae</i>	<i>D. saccharalis</i>	Fernández, 2002

1934 - 1939	Introducción de dos parasitoides.	<i>Paratheresia claripalpis</i> van der Wulp (Diptera: Tachinidae) <i>Metagonistylum minense</i> Townsend (Diptera: Tachinidae)	<i>D. saccharalis</i>	Fernández, 2002
1945	Inauguración del primer laboratorio de control biológico para la reproducción y comercialización de <i>L. diatraeae</i> , en el batey del Central Mercedes (hoy <i>Seis de Agosto</i>).	<i>L. diatraeae</i>	<i>D. saccharalis</i>	Fernández, 2002
1960s	Segunda introducción de <i>C. montrouzieri</i> .	<i>C. montrouzieri</i>	Pseudocóccidos	Kairo et al., 2013
	Entrada al país de los primeros bioplaguicidas microbianos para el control de larvas de lepidópteros en tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> L.) y pastos.	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner (Bacillales: Bacillaceae)	<i>Heliothis virescens</i> Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) <i>Mocis latipes</i> Guenée (Lepidoptera: Erebidiae)	Fernández-Larrea, 2013
	Estudio por Salvador de la Torre y Callejas de especies nativas de un parasitoide de huevos. Esos estudios aportaron conocimientos básicos para el desarrollo de una tecnología de producción masiva.	<i>Trichogramma</i> Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae)	Huevos de lepidópteros	Fuentes, 1994
	Desarrollo de tecnologías y de la construcción de Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) para la producción artesanal de agentes de control biológico microbianos y macrobianos.	<i>B. thuringiensis</i> <i>Trichogramma</i> spp.	<i>D. saccharalis</i> <i>M. latipes</i> <i>H. virescens</i> <i>Erinnyis ello</i> L. (Lepidoptera: Sphingidae) <i>Plutella xylostella</i> L. (Lepidoptera: Plutellidae)	Fernández-Larrea, 2007 Massó, 2007
1970s	Se inician los estudios con nematodos entomopatógenos en el Instituto de Investigaciones de Cítricos y otros Frutales (hoy, Instituto de Fruticultura Tropical).	<i>Heterorhabditis heliothidis</i> (Khan, Brooks & Hirschmann) (Nematoda: Rhabditida: Heterorhabditidae)	<i>Pachnaeus litus</i> (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae)	Rodríguez et al., 2012
	Comienza la producción artesanal de dos hongos entomopatógenos.	<i>Beauveria bassiana</i> sensu lato (Bals.-Criv.) Vuill. (Hypocreales: Cordycipitaceae) <i>Metarhizium anisopliae</i> sensu lato (Metsch.) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae)	<i>Cosmopolites sordidus</i> (Germar) Marshall, G.A.K. (Coleoptera: Curculionidae) <i>Cylas formicarius</i> (Fabricius) (Coleoptera: Brentidae) <i>Tagosodes oryzicolus</i> (Muir) (Hemiptera: Delphacidae) <i>P. litus</i>	Fernández-Larrea, 2007

	Se inician las investigaciones con ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae.	Se informaron más de 60 especies, pertenecientes a 20 géneros	Ácaros fitófagos	Rodríguez et al., 2013
1980	El Ministerio del Azúcar establece el Programa Nacional de Lucha Biológica.			Fuentes et al., 1998
1982	Declaración del Manejo Integrado de Plagas como política del estado cubano.			Pérez, 2007
1988	En el Ministerio de la Agricultura se aprueba el Programa Nacional de Producción de Medios Biológicos.			Fuentes et al., 1998
1990s	Intensificación de las investigaciones con parasitoides del complejo <i>Spodoptera</i> y otros lepidópteros. Se realizaron estudios biológicos y se elaboraron metodologías para la reproducción masiva de seis parasitoides.	<i>Telenomus</i> Haliday (Hymenoptera: Platygasteridae)	<i>Spodoptera frugiperda</i> J. E. (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)	Fuentes et al., 1998
		<i>Euplectrus platyhypenae</i> Howard (Hymenoptera: Eulophidae)	<i>S. frugiperda</i> <i>Spodoptera eridania</i> (Stoll) (Lepidoptera: Noctuidae) <i>Leucania Ochseneheimer</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	
		<i>Archytas marmoratus</i> Townsend (Diptera: Tachinidae)	<i>S. frugiperda</i> <i>Leucania unipuncta</i> Harworth (Lepidoptera: Noctuidae)	
		<i>Chelonus insularis</i> Cresson (Hymenoptera: Braconidae)	Complejo <i>Spodoptera</i> Guenée (Lepidoptera: Noctuidae)	
		<i>Rogas</i> Nees von Esenbeck (Hymenoptera: Braconidae)	Complejo <i>Spodoptera</i>	
		<i>Eucelatoria</i> Townsend (Diptera: Tachinidae)	<i>S. frugiperda</i> <i>L. unipuncta</i>	
	Primer estudio de prospección de nematodos entomopatógenos desarrollado por el Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria.	<i>Heterorhabditis</i> Poinar (Nematoda: Rhabditida: Heterorhabditidae) <i>Steinernema</i> Travassos, (Nematoda: Rhabditida: Steinernematidae)	Lepidópteros, coleópteros y pseudocóccidos en caña de azúcar, cítricos, cafeto (<i>Coffea arabica</i> L. y <i>Coffea canephora</i> L.), piña (<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.) y cultivos hortícolas	Rodríguez et al., 2012
	Se continuaron los estudios con ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae.	<i>Phytoseiulus macropilis</i> Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae)	<i>Tetranychus tumidus</i> Banks (Acari: Tetranychidae) y <i>Panonychus citri</i> (McGregor) (Acari: Tetranychidae), en viveros de plátano (<i>Musa</i> L.) y cítricos, respectivamente	Rodríguez et al., 2013
1994 - 1996	Se inicia la producción masiva de dos parasitoides en las provincias La Habana, Villa Clara y Sancti Spiritus, y se incluyen en un	<i>Telenomus</i> spp. <i>E. platyhypenae</i>	Complejo <i>Spodoptera</i> <i>Leucania</i> spp.	Fuentes et al., 1998

	programa de manejo integrado de plagas.			
1995	En funcionamiento 50 centros de reproducción de <i>L. diatraeae</i> , en los que se alcanzaron liberaciones anuales de hasta 78 millones de moscas en 1.6 millones de hectáreas.			Fuentes et al., 1998
1995 - 1998	Introducción de un nuevo parasitoide desde Brasil, Venezuela y Perú para su uso en plantaciones de caña de azúcar.	<i>Cotesia flavipes</i> Cameron (Hymenoptera: Braconidae)	<i>D. saccharalis</i>	Rodríguez et al., 2001
2000	Tercera introducción de <i>C. montrouzieri</i> .	<i>C. montrouzieri</i>	Pseudocócidos	Milán et al., 2005 Kairo et al., 2013
2003	Introducción de la avispa de Costa de Marfil, parasitoide de la broca del fruto del cafeto, desde México.	<i>Cephalonomia stephanoderis</i> Betrem (Hymenoptera: Bethyridae)	<i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari (Coleoptera: Scolytidae)	Peña et al., 2006 Murguido et al., 2008
2004	Se constituye en el Ministerio de la Agricultura la Comisión de Productos Priorizados de la Biotecnología Agrícola, que analizó los resultados obtenidos dentro de los programas ramales de investigación y el Programa Nacional Científico Técnico «Biotecnología Agrícola».			Fernández-Larrea, 2013
2006	Introducción de la avispa de Togo, parasitoide de la broca del fruto del cafeto desde México.	<i>Phymastichus coffea</i> LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae)	<i>H. hampei</i>	Rodríguez et al., 2007
2010	Producción de nematodos entomopatógenos en 33 CREE. Se producen unos 700 millones de juveniles infectivos por mes.	<i>H. bacteriophora</i> cepa HC1	Plagas de lepidópteros en caña de azúcar y otros cultivos.	Rodríguez et al., 2012
	La <i>Comisión Productos Priorizados de la Biotecnología Agrícola</i> presenta un proyecto para la producción a gran escala de los agentes de control biológico microbianos de mayor demanda y de bioplaguicidas de origen botánico, bioestimulantes y biofertilizantes.			Fernández-Larrea, 2013
2011	Se aprueba el proyecto presentado por la <i>Comisión Productos Priorizados de la Biotecnología Agrícola</i> y se ejecuta hoy por el Grupo Empresarial LABIOFAM.			Fernández-Larrea, 2013
2013	Introducción de un endoparasitoide de la chinche rosada del hibisco (<i>Hibiscus</i>), desde Isla de Margarita, República Bolivariana de Venezuela	<i>Anagyrus kamali</i> Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae)	<i>Maconellicoccus hirsutus</i> (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae)	Jiménez et al., 2015
2013	En funcionamiento cuatro plantas para la producción de bioplaguicidas, 176 Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos y plantas e instalaciones pilotos en los centros de investigación.			Fernández-Larrea, 2013
2015	Revisión de la política agroambiental cubana.			Febles, 2016
2016	Eliminados del Registro de Plaguicidas de los Plaguicidas Altamente Peligrosos: metamidofos, paration metilo y metiocarb			MINAG, 2016
2016	Incluido en el documento <i>Cuba. Metas nacionales para la diversidad biológica 2016-2020</i> , la acción F <i>Desarrollar acciones que contribuyan al manejo agroecológico de plagas</i>			CITMA, 2016

Los casos y sucesos relacionados en la Tabla 1 fundamentan los avances y sustentan la tendencia actual hacia el control biológico por conservación y como servicio ecosistémico de regulación natural

de plagas en Cuba. La experiencia acumulada en el control biológico clásico y el control biológico aumentativo sirvió de base para avanzar en la segunda década del siglo veintiuno hacia el control biológico por conservación.

Al inicio se hicieron inventarios y prospecciones con el objetivo de conocer la biodiversidad no explorada de los principales grupos de enemigos naturales nativos con potencial para convertirse en agentes de control biológico (Milán et al., 2008; Ceballos et al., 2011; Rodríguez et al., 2012; Gómez et al., 2012). Hoy ese objetivo se mantiene (Hernández-Ochandía, 2014; Hastie-Navarro et al., 2014) y se adicionan otros, como disponer de una línea base que permita conocer la tendencia en las fluctuaciones de la diversidad biológica y contar con información que fundamente y facilite la implementación de políticas y estrategias de manejo para su conservación.

Control biológico clásico

El CBC es la introducción intencional de un agente de control biológico exótico para su establecimiento permanente y el control en el largo plazo (Eilenberg et al., 2001). El país donde se ha producido el mayor número de liberaciones de enemigos naturales, dentro de la estrategia de CBC es Estados Unidos donde se informan 1956 casos entre 1870 y 2010 (Cock et al., 2016). En América Latina y el Caribe, la tendencia a la liberación de enemigos naturales es variable. De los 33 países que integran la región, en ocho se han realizado más de 40 liberaciones en el mismo periodo de tiempo: Chile 95, Barbados 87, Trinidad y Tobago 78, México 74, Perú 51, Bahamas 49, Brasil 48, y San Cristóbal y Nieves 47 (Cock et al., 2016). En Cuba se realizaron menos de 20 importaciones de insectos entomófagos entre 1910 y 2010.

La primera introducción en Cuba de un enemigo natural se realizó en 1917 por Mario Calvino, director de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas. Se importó desde California el depredador *C. montrouzieri* con destino a plantaciones de caña de azúcar, plátano, piña y otros cultivos para el control de *Pseudococcus* spp. (Milán et al., 2005; Kairo et al., 2013). *C. montrouzieri* no se estableció y en el curso del tiempo fue necesario hacer nuevas introducciones.

La segunda importación de *C. montrouzieri* se produce en la década de los 60s desde la URSS (Kairo et al., 2013) y la tercera en el 2000 desde Trinidad y Tobago; en previsión de la entrada al país de

Maconellicoccus hirsutus (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae). Se elaboró una metodología para la reproducción masiva; la cría se extendió a 13 laboratorios provinciales de sanidad vegetal y se iniciaron las liberaciones (Milán et al., 2005). Este es uno de los pocos enemigos naturales introducidos en Cuba utilizados en CBA.

En 1928 a propuesta de S.C. Bruner y O. Arango se introduce *R. cardinalis* procedente de La Florida, Estados Unidos, para el control de *I. purchasi*, guagua acanalada de los cítricos (DeBach y Rosen, 1991). *R. cardinalis* se estableció y realizó un control efectivo que se mantiene hasta hoy.

Entre 1930 y 1931 se producen cinco importaciones, dos depredadores: *C. clauseni* y *S. smithianus*; y tres parasitoides: *E. serius*, *E. divergens* y *E. smithi*, todos para el control de *A. woglumi* (mosca prieta de los cítricos) (DeBach and Rosen, 1991). *E. serius* se estableció de forma permanente y *A. woglumi* dejó de ser una plaga, de forma tal que se le denomina insecto reliquia. En el informe elaborado por Cock et al. (2009) para la Comisión de Recursos Genéticos de la FAO se recoge este hecho como uno de los casos más notables de éxito en la introducción de enemigos naturales. *C. clauseni*, sin embargo, no logró establecerse, aunque se mantuvo en poblaciones muy pequeñas en cultivos diferentes a los cítricos (DeBach and Rosen, 1991). Hace unos años se encontró en la Sierra del Rosario, Pinar del Río, en un estudio sobre coleópteros realizado entre 2001-2005 (Fernández et al., 2014). *S. smithianus* tampoco se estableció.

A finales de los 30s se cierra una etapa en el CBC. Entre 1934 y 1939 se introducen por L. C. Scaramuzza dos parasitoides, desde Brasil, para su reproducción masiva y liberación en campos de caña de azúcar: *P. claripalpis* y *M. minense* (mosca amazónica) (Fernández, 2002). Después se continuarían haciendo importaciones, pero a un ritmo mucho más lento. La última introducción es reciente, se trata de *A. kamali*, importado desde la Isla de Margarita para el control de *M. hirsutus* (Jiménez et al., 2015).

Con lo expuesto hasta aquí se puede apreciar que la estrategia de CBC no es la que ha caracterizado al CB en el país. La introducción de enemigos naturales conlleva riesgos, aunque no se tuvo percepción de esto hasta bien avanzado el siglo veinte. Se puede dar el caso de que determinadas especies importadas se conviertan en especies invasivas, como ocurre hoy en varias regiones del mundo con el

depredador generalista *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) (Evans y Snyder, 2011; Koren et al., 2012; Bahlai et al., 2014).

Control biológico aumentativo, lo visible

El CBA es el uso de organismos vivos para el control de una plaga cuando el control se realiza exclusivamente por el organismo que ha sido liberado (Eilenberg et al., 2001). El CBA consiste en la producción masiva y liberación de grandes cantidades de enemigos naturales, y constituye una solución para la reducción en el uso de plaguicidas o para su eliminación. El CBA es la estrategia priorizada en América Latina y el Caribe, y en Cuba.

La investigación en esta área en las décadas del 80 y 90 se caracterizó por la búsqueda de enemigos naturales nativos (insectos, bacterias, hongos, nematodos y ácaros), estudios de su bioecología, posibles organismos blanco, métodos de reproducción masiva artesanal y semi-industrial (para bacterias y hongos), pruebas de eficacia, ecotoxicología, y métodos de liberación y/o aplicación (Fernández-Larrea, 2007; Massó, 2007; Rodríguez et al., 2012; Hidalgo, 2013; Rodríguez et al., 2013).

Insectos entomófagos

Los insectos entomófagos que se utilizan como ACB se dividen en dos grupos: parasitoides y depredadores. En el país se enfatizaron las investigaciones con parasitoides, de forma muy especial en dos géneros: la mosca taquinida *Lixophaga* y la microavispa *Trichogramma* (Tabla 2).

Tabla 2. Principales insectos parasitoides y depredadores que se reproducen en los Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos, hospedantes y presas de las que se alimentan, Cuba 1998-2007.

Parasitoides/depredadores	Orden:Familia	Hospedantes/presas
<i>Trichogramma</i> spp. Westwood	Hymenoptera: Trichogrammatidae	Parasitoide de huevos de lepidópteros
<i>Lixophaga diatraea</i> (Townsend)	Diptera: Tachinidae	Parasitoide de <i>Diatraeae saccharalis</i> y otras larvas de lepidópteros
<i>Eucelatoria</i> sp. (Townsend)	Diptera: Tachinidae	Parasitoide de larvas de lepidópteros
<i>Tetrastichus howardi</i> (Olliff)	Hymenoptera: Eulophidae	Parasitoide de pupas de insectos
<i>Euplectrus</i> sp. Howard	Hymenoptera: Eulophidae	Parasitoide de estados inmaduros de insectos
<i>Telenomus</i> sp. Haliday	Hymenoptera: Platygasteridae	Parasitoide de huevos de lepidópteros
<i>Cephalonomia stephanoderis</i> Betrem	Hymenoptera: Bethyridae	Parasitoide de adultos de la broca del fruto del café
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i> Mulsant	Coleoptera: Coccinellidae	Cochinillas harinosas (pseudocóccidos) y áfidos

<i>Coleomegilla cubensis</i> Casey	Coleoptera: Coccinellidae	Áfidos, ácaros y estados inmaduros de lepidópteros
<i>Cycloneda sanguinea limbifer</i> Casey	Coleoptera: Coccinellidae	Áfidos y moscas blancas
<i>Chrysopa</i> spp. Leach in Brewster	Neuroptera: Chrysopidae	Áfidos, trips, moscas blancas, ácaros y estados inmaduros de lepidópteros
<i>Orius insidiosus</i> Say	Hemiptera: Anthocoridae	Trips, moscas blancas y ácaros
<i>Zelus longipes</i> L.	Hemiptera: Reduviidae	Larvas de lepidópteros

Fuente: Modificado de Fuentes et al. (1998) y Massó (2007)

Cuando se revisa la historia del CB en Cuba y en el mundo no es difícil entender el porqué de esta tendencia que aún se mantiene. *L. diatraeae* es parasitoide de *D. saccharalis*, el insecto que mayores pérdidas produce en la caña de azúcar (desde el siglo dieciocho hasta hoy este cultivo se encuentra entre los de mayor importancia económica para Cuba) y *Trichogramma* es el parasitoide más utilizado en programas de CBA en todo el mundo.

A los insectos depredadores se les ha prestado menos atención en relación con los parasitoides. Estos se reproducen en número pequeño para utilizarse en liberaciones inoculativas, en dependencia de las necesidades de cada territorio. Hasta mediados de los años 2000 los depredadores que en mayor número se reproducían en los CREE eran los crisópidos, después de la reintroducción del coccinélido *C. montrouzieri* en el 2000 esta tendencia cambió. En 2007 *C. montrouzieri* se reproducía en 16 CREE y *C. cubensis* en dos (Massó, 2007). Los insectos entomófagos (parasitoides y depredadores) no son objeto de registro en el país.

Ácaros entomófagos

Las investigaciones con ácaros depredadores datan de fecha más reciente en comparación con los insectos entomófagos. La identificación taxonómica de los ácaros de la familia Phytoseiidae comenzó en la década de los 70 del siglo pasado. Los fitoseidos son los enemigos naturales más comunes de los ácaros fitófagos; se han informado 20 géneros y más de 60 especies (Rodríguez et al., 2013). Entre las especies más estudiadas están *P. macropilis* y *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Mesostigmata: Phytoseiidae) (Rodríguez et al., 2013; Hastie-Navarro et al., 2014). A diferencia de lo que ocurre con otros grupos de ACB, el uso de estos depredadores en estrategias inoculativas se ha visto limitado por su escasa disponibilidad, a pesar de que se han evaluado diferentes alternativas para su reproducción masiva con resultados alentadores (Rodríguez et al., 2013). Hoy se reproducen en un solo CREE en la provincia Villa Clara. Los estudios sobre efectividad de nuevas especies y métodos de reproducción

masiva continúan (Pérez et al., 2014; Rodríguez et al., 2015). Los ácaros depredadores no son objeto de registro en el país.

Agentes de control biológico microbianos

Los agentes de control biológico microbianos (ACBM) entran en escena en un momento en que ya se tenía cierto conocimiento y comprensión acerca de la necesidad y la importancia del uso de los insectos como ACB. Los ACBM que se producen en Cuba pertenecen a los siguientes grupos: bacterias y hongos entomopatógenos (Fernández-Larrea, 2013), hongos antagonistas (Martínez et al., 2013) y bacterias y hongos nematófagos (Hidalgo, 2013; Marín et al., 2013). Se han realizado investigaciones con bacterias antagonistas y con virus entomopatógenos, pero los ACB pertenecientes a estos grupos no están en fase de producción masiva; no se realizan investigaciones con protozoos.

Los ACBM que en mayor cantidad se producen son: la bacteria *B. thuringiensis*, el hongo entomopatógeno *B. bassiana* y el hongo antagonista *Trichoderma* spp. Durante muchos años *B. thuringiensis* fue la única bacteria que se producía en el país para el control de organismos nocivos a los cultivos agrícolas, en fecha más reciente comenzó la producción de *Tsukamurella paurometabola* (Steinhaus) (Actinomycetales: Tsukamurellaceae) cepa C-924 para el control de nematodos.

Los ACBM son objeto de registro y control en el país, a diferencia de los insectos y ácaros entomófagos que no se registran; pero no existe un registro único para estos. En la Lista Oficial de Plaguicidas Autorizados, publicada por el Registro Central de Plaguicidas se encuentran los ACBM bajo la denominación de plaguicidas biológicos, junto con los plaguicidas de síntesis química y los de origen natural (extractos botánicos), pues, aunque se ha trabajado durante más de 50 años con los ACBM en varios campos, no se ha aprobado una norma específica para su registro y control. En 2007 se aprobó una Resolución conjunta del Ministerio de la Agricultura y el Ministerio de Salud Pública para aprobar y poner en vigor el Reglamento de Uso de los Formulados Plaguicidas. En dicha Resolución aparece un anexo titulado Procedimientos para el registro de los plaguicidas biológicos (MINSAP, 2007). La lista actualizada de los ACBM registrados aparece en la Tabla 3. Está pendiente el registro de los formulados en base a *Trichoderma* (MINAG, 2016).

Tabla 3. Agentes de control biológico microbianos producidos en Cuba con registro actualizado en 2016

Microorganismos	Producto registrado	Organismo/cultivo
<i>Beauveria bassiana</i> sensu lato (Bals.-Criv.) Vuill. (Hypocreales: Cordycipitaceae)	202/14 <i>Beauveria bassiana</i> L 10 ⁸ conidios/mL, INISAV	<i>Lissorhoptus breviostris</i> (Suffrian) (Coleoptera: Curculionidae) / arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) <i>Cylas formicarius</i> (Fabricius) (Coleoptera: Brentidae) / boniato (<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.) <i>Pachnaeus litus</i> (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) / cítricos <i>Cosmopolites sordidus</i> (Germar) Marshall, G.A.K. (Coleoptera: Curculionidae) / plátano
<i>B. bassiana</i> cepa MB-1	203/14 Bibisav –2 cebo, 10 ⁹ conidios/g, INISAV	<i>Atta insularis</i> Guérin-Ménéville (Hymenoptera: Formicidae)
<i>Metarhizium anisopliae</i> sensu lato (Metsch.) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae)	169/15 <i>Metarhizium anisopliae</i> P 10 ⁹ conidios/g, INISAV	<i>L. breviostris</i> / arroz <i>C. sordidus</i> / plátano <i>Prosapia bicincta fraterna</i> (Say) (F.) (Hemiptera: Cercopidae) y <i>Mocis</i> sp. / pastos
<i>Lecanicillium lecanii</i> (Zimm.) Zare & W. Gams (Hypocreales: Cordycipitaceae)	67/15 <i>Verticillium lecanii</i> 10 ⁸ conidios/mL, INISAV 168/15 <i>Verticillium lecanii</i> 10 ⁹ conidios/mL, INISAV	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) / frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), hortalizas y tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)
<i>Pochonia chlamydosporia</i> var. <i>catenulata</i> (Goddard) Zare & W. Gams (Hypocreales: Cordycipitaceae) cepa Vcc-108, IMI SD 187	189/14 KlamiC, CENSA, MES	<i>Meloidogyne</i> Göldi (Nematoda: Meloidogynidae) / hortalizas en organopónicos, huertos intensivos y cultivos protegidos
<i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner (Bacillales: Bacillaceae) var. <i>kurstaki</i>	196/14 <i>Bacillus thuringiensis</i> L 10 ⁹ esporas/ mL, INISAV	Larvas de lepidópteros / boniato, frijol, cucurbitáceas, tomate, pastos y forrajes, tabaco, yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz), soya (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.), maíz (<i>Zea mays</i> L.), papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) y pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.) <i>Plutella xylostella</i> L. (Lepidoptera: Plutellidae) / col (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capita</i>) y berro (<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.)
<i>B. thuringiensis</i> var. <i>israeliensis</i> serotipo H-14	195/14 Bactivec SC 3 x 10 ⁸ esporas/mL, Labiofam	Larvas de mosquitos
<i>B. sphaericus</i> cepa 2362	114/13 Griselesf 2362 SC, 3 x 10 ⁹ esporas/mL, Labiofam	Larvas de mosquitos
<i>Tsukamurella paurometabola</i> (Steinhaus) (Actinomycetales: Tsukamurellaceae) cepa C-924	057/12 HeberNem-L >5x10 ¹¹ UFC/mL, CIGB Camagüey 115/13 HeberNem-S >3x10 ¹⁴ UFC/mL, CIGB Camagüey	Nemátodos / plátano, guayabo (<i>Psidium guajava</i> L.) y en hortalizas en cultivos protegidos y semiprotegidos

Fuente: MINAG (2016)

Trichoderma Persoon (Ascomycota: Hypocreales: Hypocreaceae) es el antagonista más investigado y utilizado en el mundo. Una de sus características más notables es la diversidad de modos de acción antagónica que presenta (Martínez et al., 2013; Olmedo y Casas-Flores, 2014). *Trichoderma* es un ACBM de especial relevancia para la agricultura cubana, ya que en el país se dispone de un grupo numeroso de alternativas que permiten reducir la dependencia de los insecticidas, bien sea debido a la

sustitución por diferentes ACB, por su salida del registro (en el caso de las prohibiciones de uso), o por cambios más profundos que se están produciendo en el manejo de los agroecosistemas, que van mucho más allá del manejo de los organismos nocivos.

La situación con los fungicidas es bien diferente, existen menos alternativas para enfrentar la problemática de las enfermedades, a lo que se suman las condiciones climáticas propias de un país tropical, con un clima cada vez más variable, y con tendencia creciente al mantenimiento de las condiciones que favorecen la aparición de epifitotias. En investigaciones realizadas en siete provincias entre 2005 y 2015 para evaluar la tendencia en el uso de plaguicidas, agentes de control biológico y otras prácticas de manejo de plagas se encontró que los fungicidas son los plaguicidas que en mayor cantidad se aplican. El producto que ocupa el primer lugar en el consumo es el mancozeb (Pérez et al., 2010; Hernández y Pérez, 2012; Figueroa y Pérez, 2012). El uso del mancozeb implica riesgos para la salud humana (PAN International, 2016) y la percepción de estos riesgos es escasa.

Además de los riesgos para la salud, hay otra problemática que precisa analizarse. El uso de los fungicidas en la agricultura cubana necesita una reevaluación, necesita mirarse con una visión diferente a como se ha visto hasta ahora. Esa evaluación tiene que considerar no solo el control de fitopatógenos, sino que el uso en exceso de fungicidas destruye los microorganismos responsables de la defensa de las plantas. El funcionamiento de esos mecanismos de defensa tiene que ver con el control biológico por conservación.

El análisis de esta información permite comprender la importancia que tiene hoy la continuidad de las investigaciones con *Trichoderma* y la prioridad que debe dársele a su producción. *Trichoderma* se aplica anualmente en más de medio millón de hectáreas (Vázquez y Pérez, 2016). También es preciso plantearse nuevos objetivos de investigación con otros ACBM, para los cuales se tienen establecidas tecnologías de producción, como ocurre con *P. chlamidosporia* var. *catenulata* y *T. paurometabola*. Las investigaciones con la bacteria antagonista *T. paurometabola* cepa C-924 se han diversificado, se está determinando su potencial como ACB frente a hongos fitopatógenos (Marín et al., 2013).

Nematodos entomopatógenos

Los nematodos entomopatógenos (NEP) son, dentro del conjunto de organismos utilizados como ACB, los de más reciente uso. Los NEP informados para Cuba pertenecen a los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis*. Este último es el de mayor frecuencia de aparición, y es el género donde están ubicadas las cepas que más se utilizan, a saber, *Heterorhabditis indica* Poinar, Karunakar & David (Nematoda: Rhabditida: Heterorhabditidae) cepa HI-24, *Heterorhabditis* spp. cepas CIAP-DEY-6, CIAP DEY-7 y *H. bacteriophora* cepa HC1 (Rodríguez et al., 2012).

Tuvieron que transcurrir más de 20 años desde la obtención de los primeros aislamientos hasta que se tuvo a punto una tecnología artesanal para la producción masiva. La especie *H. bacteriophora* cepa HC1 fue la primera en utilizarse, dicha cepa y la metodología para su reproducción se introdujeron en 1994 en el programa nacional de lucha biológica del ex Ministerio del Azúcar. En 2012 se estaba reproduciendo en 33 CREE (Rodríguez et al., 2012).

Los NEP están recomendados para el control de un grupo numeroso de organismos nocivos: *C. formicarius*/boniato, *S. frugiperda*/maíz, *Diaphania hyalinata* L. (Lepidoptera: Pyralidae) / cucurbitáceas, *C. sordidus* / plátano, pseudocóccidos / cafeto, piña, ornamentales, mariposa (*Hedychium coronarium* J. Koenig), *P. xylostella* / col de repollo, lepidópteros / tomate, *L. brevis* / arroz, *P. litus* / cítricos, *A. insularis*/ornamentales, *H. virescens* / tabaco, *H. hampei* / cafeto y escarábidos / piña y guayabo (Rodríguez et al., 2011; Rodríguez et al., 2012). Los NEP no son objeto de registro.

Control biológico por conservación, lo menos visible

El CBCo de enemigos naturales se define como la modificación del ambiente o de las prácticas existentes para proteger y estimular a los enemigos naturales u otros organismos para reducir el efecto de las plagas (Eilenberg et al., 2001). La conservación de enemigos naturales está estrechamente relacionada con el diseño del agroecosistema (Altieri y Nicholls, 2010) y el diseño es un elemento esencial a tener en cuenta en la reconversión de los sistemas agrícolas convencionales a sistemas agrícolas sostenibles. La reconversión es un proceso gradual, transcurre en etapas o niveles. A escala de finca se produce en tres niveles, y a escala de todo el sistema alimentario de un país se considera que ocurre en cinco niveles (Gliessman, 2015). La estrategia de CBCo está muy ligada al nivel 3, a saber, rediseño de los agroecosistemas para hacer que estos funcionen sobre la base de nuevos

procesos ecológicos.

El conocimiento de cómo tributan las relaciones que se establecen entre los diferentes componentes del agroecosistema al servicio ecosistémico de control biológico de plagas permite la construcción de diseños que favorecen ese servicio. El proceso de reconversión que comenzó en Cuba en la década de 1990 y que se está implementando a escala nacional (Funes y Vázquez, 2016) ha producido cambios en la visión y en el pensamiento agrícola cubano que favorecen un mayor entendimiento de la necesidad de avanzar hacia la conservación de los enemigos naturales

Entre los factores que han contribuido al CBCo en Cuba están:

- 1) los logros y avances alcanzados en el CBA, los cuales sentaron sólidas bases para el CBCo de enemigos naturales;
- 2) la acumulación de experiencias positivas y nuevos conocimientos derivados de la aplicación del CB desde principios del siglo veinte;
- 3) los programas territoriales de manejo de plagas a los que está integrado el CB;
- 4) los cambios en la política de gestión de la tierra que trajeron consigo el aumento del número de cooperativas, la disminución del tamaño de las unidades de producción y el aumento de la agrobiodiversidad;
- 5) la adopción del CB por parte de los agricultores;
- 6) la adopción del manejo agroecológico de plagas en la agricultura urbana, suburbana y familiar;
- y
- 7) la aplicación del CB con una visión ecosistémica.

El CB no se ha aplicado como una tecnología más, sin considerar el conjunto de componentes que conforman el agroecosistema y la forma en que se interrelacionan. Es precisamente en aquellas unidades y sistemas de producción y regiones donde ha prevalecido la visión ecosistémica en donde más se ha avanzado. Estos avances hacia la estrategia de CBCo se pueden apreciar en los agroecosistemas urbanos, suburbanos y de agricultura familiar y en las unidades de producción organizadas en el Movimiento Agroecológico de la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP).

Aun así y a pesar de que el camino hacia la conservación se ha construido sobre una base sólida decimos que es lo menos visible. ¿Por qué es lo menos visible? Hay varias explicaciones.

Primeramente, la acción de los enemigos naturales en el campo puede pasar desapercibida aun para los más expertos, excepto para el pequeño grupo que se dedica a la investigación de este tema. En segundo lugar, las personas pueden tener información de cuántos kilogramos de un ACB, como por ejemplo *B. bassiana* o *Trichoderma* spp., se aplican en un determinado agroecosistema, o en cuántas hectáreas se aplican o liberan ACB, pero es poco probable que se disponga de información acerca de las poblaciones de enemigos naturales que están presentes en un campo de cultivo o localidad en un momento dado, y la probabilidad es mucho menor si se trata de un parasitoide, ácaro depredador o nematodo entomopatógeno. Esto es así para los organismos que habitan encima del suelo. Para los que habitan debajo del suelo las probabilidades son aún más escasas, pues este es un ambiente mucho menos estudiado y por tanto menos conocido.

A esto se suma la insuficiente valoración y divulgación de los bienes y servicios que brinda la diversidad biológica y el hecho de que la educación y conciencia pública a todos los niveles acerca de la conservación de la diversidad biológica es aún insuficiente. Esta situación aparece expresada con mucha claridad en el V Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica de la República de Cuba (CITMA, 2014).

Al objetivo de la conservación de los enemigos naturales tributa la política cubana sobre diversidad biológica. En febrero de 2016 se presentó el “Programa Nacional sobre la Diversidad Biológica” proyectado para el período 2016 – 2020. En el mismo se tuvo en cuenta la adecuación nacional de las 20 Metas de Aichi (metas internacionales). En el objetivo B: *Controlar las amenazas principales a la diversidad biológica y promover la utilización sostenible* (responde a la Meta de Aichi 4 y al Lineamiento 120 de la política económica cubana), en la Acción F se plantea *Desarrollar acciones que contribuyan al manejo agroecológico de plagas* (CITMA, 2016).

Las prácticas que forman parte de la estrategia de CBCo que se están aplicando son numerosas (Pérez 2007; Wyckhuys, 2013). Entre estas se destaca el manejo de reservorios de enemigos naturales por parte de los agricultores. En Cuba, se piensa que el manejo de reservorios como práctica de conservación dentro del sector campesino tiene su origen en la costumbre tradicional de trasladar nidos

de hormigas de la especie *Pheidole megacephala* Fabricius (Hymenoptera: Formicidae) a los campos de boniato para el control de su plaga principal, *C. formicarius*. La observación de dicha costumbre fue lo que despertó el interés en el estudio de esos depredadores en los años 80 del siglo pasado (Pérez, 2007). La liberación de este depredador desde los reservorios que mantienen los agricultores en sus fincas tiene una tendencia estable en el tiempo. Entre 2004 y 2014 fue liberado en más de 15 000 hectáreas cada año (Vázquez y Pérez, 2016).

Entre las otras modalidades de reservorios que se implementan hoy se destacan: a) las plantas reservorio, esta modalidad es muy utilizada en los agroecosistemas urbanos, suburbanos, y en la agricultura familiar (INIFAT, 2018), y b) la aplicación de un método de cría rústica de coccinélidos y dos de sus presas preferidas, pseudocócidos y áfidos. En insectarios rústicos se reproducen los coccinélidos *C. cubensis*, *C. sanguinea limbifer*, *Hippodamia convergens* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chilocorus cacti* L. (Coleoptera: Coccinellidae) (Milán et al., 2010). En 2010 funcionaban 118 insectarios en las provincias Cienfuegos, Matanzas, Camagüey, Las Tunas, Granma, ex Ciudad de La Habana (hoy La Habana) y ex La Habana (hoy Artemisa y Mayabeque).

Conclusiones

La contribución del CB a la sostenibilidad del sistema agroalimentario es indiscutible. En el artículo se muestran evidencias que soportan esta afirmación. Han pasado 26 años desde que se inició el proceso de transformación en la agricultura cubana en busca de la sostenibilidad. Los hechos ocurridos y la experiencia acumulada nos permiten reflexionar sobre las lecciones aprendidas. El camino hacia la sostenibilidad no es un sendero despejado y claro, se va construyendo poco a poco, paso a paso.

Hay muchas preguntas por responder, pero lo que sí está claro es la convicción de que la solución al problema de las plagas desde una perspectiva ecológica no está en la cantidad de ACB que se apliquen, ni en el número de prácticas agroecológicas que se implementen. Al final el secreto está en la optimización de los servicios ecosistémicos, que son los que soportan los recursos necesarios para el funcionamiento de los ecosistemas. Concluimos reafirmando la idea de que la mayor contribución del control biológico al manejo agroecológico de plagas está en la conservación de los enemigos naturales y en el aumento gradual de la diversidad biológica que nos acercará a una mejor salud en los campos de la salud humana, animal, vegetal, del suelo y de los ecosistemas.

Agradecimientos

Agradecemos a la Dr. Margarita Fernández, Directora Ejecutiva del Instituto Caribeño de Vermont, por la invitación para participar en este fórum con un artículo y por su colaboración en todo momento; a las editoras, Dr. Anne R. Kapuscinski (Editora en Jefe) y Dr. Erin Nelson (Editora Invitada) por sus indicaciones; y en especial, a los revisores anónimos por sus valiosas recomendaciones.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe interés de competencia con este artículo.

Contribuciones

Contribuyó a concepción y diseño: NPC, LM, LCJ
Contribuyó al levantamiento de datos: NPC, LM, LCJ
Contribuyó al análisis e interpretación de datos: NPC, LM
Redactó y/o editó artículo: NPC
Aprobó y entregó versión para publicación: NPC, LM, LCJ

Referencias

- Altieri MA, Nicholls C. 2010. *Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de la entomofauna benéfica en los agroecosistemas*. 1era Edición. Medellín, Colombia. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).
- Bahlai CA, Colunga-García M, Gage SH, Landis, DA. 2014. The role of exotic lady beetles in the decline of native lady beetle populations: evidence from long-term monitoring. *Biol Invasions*. 17(4), pp.1005-1024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-014-0772-4>.
- Bale JS, van Lenteren JC and Bigler F. 2008. Biological control and sustainable food production. *Phil Trans R Soc B* 363: 761–776.
- Bettiol W, Rivera MC, Mondino P, Montealegre JR y Colmenárez YC (eds.). 2014. *Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe*. Facultad de Agricultura, Universidad de la República. Montevideo.
- Ceballos M, Leyanis H, Chico R y Sánchez A. 2011. Cálcidos parasitoides (Hymenoptera, Chalcidoidea) asociados a Coccoidea (Hemiptera) en cocotero (*Cocos nucifera* L.) (Arecaceae). *Rev Protección Veg* 26(1): 62-65.
- CITMA. 2014. *V Informe Nacional al Convenio Sobre la Diversidad Biológica*. República de Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba.
- CITMA. 2016. *Cuba. Metas nacionales para la diversidad biológica 2016-2020*. Proyecto PNUD/GEF Plan Nacional de Diversidad Biológica para apoyar la implementación del Plan Estratégico del CDB 2011 - 2020 en la República de Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba.

- Cock MJW, Murphy ST, Kairo MTK, Thompson E, Murphy RJ and Francis AW. 2016. Trends in the classical biological control of insect pests by insects: an update of the BIOCAT database *BioControl* 61:349–363. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9726-3>.
- Cock MJW, van Lenteren JC, Brodeur J, Barratt BIP, Bigler F, Bolckmans K, Côté FL, Haas F, Mason PG and Parra JRP. 2009. *The use and exchange of biological control agents for food and agriculture*. Report prepared for the FAO Genetic Resources Commission by the IOBC Global Commission on Biological Control and Access and Benefit Sharing. IOBC, Bern.
- DeBach P and Rosen D. 1991. *Biological control by natural enemies*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Dimmock GW. 1906. Algunas Coccinellidae de Cuba. *Inf An Est Centr Agron*, 1904-1905: 287-392.
- Eilenberg J, Hajek A and Lomer C. 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl* 46: 387–400.
- Evans EW and Snyder WE. 2011. Ladybugs, in Simberloff D and Rejmánek M, eds. *Encyclopedia of Biological Invasions*. Berkeley. University of California Press: pp. 400-404.
- FAO. 2006. Report of the Council of FAO 131st Session, Rome, 20-25 Nov, (CL 131/REP).
- Febles JM. 2016. Análisis y diagnóstico de políticas agroambientales en Cuba. Fortalecimiento de las políticas agroambientales en los países de América Latina y el Caribe, Proyecto GCP/RLA/195/BRA. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura – FAO. La Habana.
- Fernández I, Favila ME y López G. 2014. Composición, riqueza y abundancia de coleópteros (Coleoptera) asociados a bosques semidecíduos y vegetaciones ruderales en la Sierra del Rosario, Cuba. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 54: 329–339.
- Fernández L. 2002. Scaramuzza Pandini: Una personalidad en la historia de la Sanidad Vegetal. *Fitosanidad* 6(2): 51-61.
- Fernández-Larrea O. 2007. Past, Present and Future of Biological Control in Cuba. *Fitosanidad* 11(3): 61-66.
- Fernández-Larrea O. 2013. Programa para la recuperación de bioplaguicidas, biofertilizantes y bioestimulantes en Cuba. *Revista Agricultura Orgánica* 19(2): 2-5.
- Figuroa SI y Pérez N. 2012. Tendencias en el uso de plaguicidas en el municipio Colón, provincia Matanzas. *Revista Agricultura Orgánica* 18(2): 10-14.
- Fuentes A, Llanes V, Méndez F y González R. 1998. El control biológico en la agricultura sostenible y su importancia en la protección de la caña de azúcar en Cuba. *Phytoma* 95: 24-26.
- Fuentes F. 1994. *Producción y uso de Trichogramma spp. como regulador de plagas*. Ediciones

RAAA, Lima.

Funes F y Vázquez LL. eds., 2016. *Avances de la Agroecología en Cuba*. Perico, Matanzas. Editora Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey.

Gillespie M and Wratten SD. 2012. Chapter 4 Ecological economics of biodiversity use for pest management. In: Gurr GM, Wratten SD, Snyder WE and Read DMY, eds. *Biodiversity and insect pests: Key issues for sustainable management*. Oxford. Wiley-Blackwell: pp 57-71.

Gliessman SR. 2015. *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems*. Third Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Gómez L, Enrique R, Rodríguez MG, Ramos O y Gandarilla H. 2012. Detección de *Pasteuria penetrans* (Thorne) Sayre y Starr en la región occidental de Cuba. *Rev Protección Veg* 27(3): 162-166.

Hastie-Navarro E, Chico-Morejón R, Miranda-Cabrera I, Pérez-Madruga Y, Badii MH y Rodríguez-Morell H. 2014. Riqueza y abundancia de ácaros depredadores asociados a plantas de las familias Arecaceae y Musaceae en el municipio San José de las Lajas. *Métodos en Ecología y Sistemática* 9(1): 26-39.

Hernández J y Pérez N. 2012. Tendencias en el uso de plaguicidas en Batabanó, provincia de Mayabeque. *Revista Agricultura Orgánica* 18 (1): 30-33.

Hernández-Ochandía D. 2014. Potential of native strains of *Trichoderma* of *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. *Rev Protección Veg* 29(2): 153.

Hidalgo L. 2013. Investigation, develop and innovation of *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* as a microbial agent for the control of root knot nematodes. *Rev Protección Veg* 28(3): 238.

IARC (International Agency for Research on Cancer). 2015a. IARC Monographs Volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. Lyon, France, 20 March 2015. Available at: <https://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/Monographs-Q&A.pdf> [Accessed 28 July 2018].

IARC (International Agency for Research on Cancer). 2015b. Monographs evaluate DDT, lindane, and 2, 4-D. Press Release N° 236. Lyon, France, 23 June 2015. Available at: <https://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/Monographs-Q&A.pdf> [Accessed 28 July 2018].

INIFAT. 2018. *Lineamientos de la Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar para al año 2018*. 21 edición. Grupo Nacional de Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt, Ministerio de la Agricultura. La Habana.

Jiménez J, Milán O, Massó E, Cueto N, Matamoros M, Piedraitá J, Crespo K, Rosales RM, Toscano MN, Pérez MC y Fiallo RC. 2015. Primera introducción y cuarentena de *Anagyrus kamali* Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae), endoparásitoide solitario de la chinche rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus* Green) en Cuba. *Fitosanidad* 19(2): 99-10.

- Kairo MTK, Paraiso O, Gautam RD and Peterkin DD. 2013. *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coccinellidae: Scymninae): a review of biology, ecology, and use in biological control with particular reference to potential impact on non-target organisms. *CAB Reviews* 8 (005). DOI: <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20138005>.
- Koren T, Hlavati D, Rojko I and Zadavec M. 2012. First checklist of ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) of Croatia along with new faunistical records. *Acta entomológica serbica* 17(1-2): 107-122.
- Marín M, Wong I, García G, Morán R y Basulto R. 2013. Actividad antagónica in vitro de *Tsukamurella paurometabola* C-924 frente a fitopatógenos. *Rev Protección Veg* 28(2): 132-137.
- Martínez B, Infante D y Reyes Y. 2013. *Trichoderma* spp. and their role in the control of crop pests. *Rev Protección Veg* 28(1): 1-11.
- Martínez VR. 2004. *100 años de historia al servicio de la agricultura cubana (1904-2004) Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas*. Informe publicado por el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt, Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana.
- Massó E. 2007. Producción y uso de entomófagos en Cuba. *Fitosanidad* 11(3): 29-39.
- Milán O, Cueto N, Hernández N, Ramos T y Pineda M. 2008. Prospección de los coccinélidos benéficos asociados a plagas y cultivo en Cuba. *Fitosanidad* 12(2): 71-78.
- Milán O, Rijo E y Massó E. 2005. Introduction, quarantine and development of *Cryptolaemus montrouzieri* in Cuba. *Fitosanidad* 9(3): 69-76.
- Milán O. 2010. Los coccinélidos benéficos en Cuba. Historia y actividad entomófaga. *Fitosanidad* 14(2): 127-135.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2016. *Lista Oficial de Plaguicidas Autorizados. Registro Central de Plaguicidas de la República de Cuba*. Ministerio de la Agricultura, La Habana.
- MINSAP (Ministerio de Salud Pública). 2007. Resolución Conjunta Ministerio de la Agricultura-Ministerio de Salud Pública. Reglamento de uso de formulados plaguicidas. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*. Edición Extraordinaria. La Habana, lunes 16 de abril de 2007. Año CV, Número 16: 77-84.
- Murguido CA, Elizondo AI, Moreno D, Caballero S y de Armas JL. 2008. Liberación de la avispa de Costa de Marfil *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyridae) en dos localidades el macizo montañoso Guamuha, Cuba. *Fitosanidad* 12(2): 83-87.
- Olmedo V and Casas-Flores S. 2014. Chapter 32 Molecular mechanisms of biocontrol in *Trichoderma* spp. and their Applications in Agriculture. In: Gupta VK, Schmoll M, Herrera-Estrella A, Upadhyay

RS, Druzhinina I and Tuohy MG. eds. *Biotechnology and Biology of Trichoderma*. The Netherlands. Elsevier: pp. 429–453.

ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2017. *Informe de la Relatora Especial sobre el derecho a la alimentación* (A/ARC/34/48). Asamblea General. Consejo de Derechos Humanos 34° período de sesiones 27 de febrero a 24 de marzo de 2017.

PAN International (Pesticide Action Network). 2016. *List of Highly Hazardous Pesticides*. PAN International. Available at: <http://www.pan-international.org> [Accessed 30 April 2017].

Parra JRP. 2014. Biological Control in Brazil: An overview. *Sci Agric* 71(5): 420-429. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0167>.

Peña E, García M, Blanco E y Barreras JF. 2006. Introducción de la avispa de Costa de Marfil *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyridae), parasitoide de la broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en Cuba. *Fitosanidad* 10(1): 33-36.

Pérez N, Infante C, Rosquete C, Ramos JA y González C. 2010. Disminuyendo la relevancia de los plaguicidas. Alternativas a su uso. *Agroecología* 5: 79-87.

Pérez N. 2007. *Manejo Ecológico de Plagas*. 2da reimpresión, editorial Félix Varela. Ciudad de La Habana.

Pérez Y, Alonso-Rodríguez D, Chico R y Rodríguez H. 2014. Cría de *Neoseiulus longispinosus* (Evans) sobre *Tetranychus tumidus* Banks utilizando el método de las bandejas. *Rev Protección Veg* 29(2) 141-144.

Pretty JN, ed. 2005. *The pesticide detox towards a more sustainable agricultura*. London. Earthscan.

Rodríguez H, Montoya A, Miranda I, Rodríguez Y y Depestre TL. 2015. Biological control of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) by the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Muma) on sheltered pepper production in Cuba. *Rev Protección Veg* 30(1): 70-76.

Rodríguez H, Montoya A, Pérez-Madruga Y y Ramos M. 2013. Mass rearing of Phytoseiidae predatory mites: challenges and perspectives in Cuba. *Rev Protección Veg* 28(1): 12-22.

Rodríguez M, Acosta S, Sao E, Barroso F, Rodríguez O y O'Reilly J. 2001. Estrategia para la incorporación de *Cotesia flavipes* Cameron en el programa nacional de lucha biológica en Cuba. In: *Resúmenes IV Seminario Científico de Sanidad Vegetal, Taller de Caña de Azúcar*. Matanzas, Cuba, junio de 2001: 236.

Rodríguez MG, Hernández-Ochandía D y Gómez L. 2012. Entomopathogenic nematodes: historical development and challenges for their efficient use as biological control in Cuban agriculture. *Rev Protección Veg* 27(3): 137-146.

Rodríguez MG, Rosales LC, Enrique R, Gómez L y González E. 2011. *Los nematodos*

entomopatógenos y su uso como agentes de control biológico para el manejo de plagas agrarias. San José de las Lajas. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria.

Rodríguez Y, Toledo Duque C, Rodríguez LA, García M, Cabrera D y Pérez L. 2007. Introducción, cuarentena de posentrada, reproducción y ciclo biológico en condiciones de laboratorio de *Phymastichus coffea* LaSalle en Cuba. *Fitosanidad* 11(2): 125.

TFSP (Task Force on Systemic Pesticides). 2015. Worldwide Integrated Assessment of the Impacts of Systemic Pesticides on Biodiversity and Ecosystems. Available at: <http://www.springer.com/environment/journal/11356> [Accessed 28 July 2018].

UNEP (United Nations Environment Programme). 2006. The Strategic Approach to International Chemicals Management. SAICM texts and resolutions of the International Conference on Chemicals Management. SAICM/UNEP/WHO. Available at: <http://www.saicm.org/index.php?menuid=3&pageid=187> [Accessed 28 July 2018].

van Lenteren JC, Bolckmans K, Kohl J, Ravensberg WJ and Urbaneja A. 2017. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*. 63(1), pp.39-59. DOI: <https://doi:10.1007/s10526-017-9801-4>.

van Lenteren JC. 2006. Ecosystem services to biological control of pests: why are they ignored? *Proc. Neth. E Entomol. Soc. Meet.* 17: 103-111.

van Lenteren JC. 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl* 57:1–20. DOI: <https://doi:10.1007/s10526-011-9395-1>.

Vázquez L y Pérez N. 2016. Capítulo 10 Control biológico. In: Funes F, Vázquez L, eds. *Avances de la Agroecología en Cuba*. Perico, Matanzas. Editora Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey: pp. 169-182.

Veronelli V. 2012. The Future of Biocontrol Industry Witnessing the Last 25 Years. In: *7th Annual Biocontrol Industry Meeting (ABIM)*, 22-24 October 2012. Lucerna, Switzerland. Available at: <http://www.abim.ch> [Accessed 28 July 2018].

Viewege A, Thomas F and Döring TF. 2014. Assessing health in agriculture – towards a common research framework for soils, plants, animals, humans and ecosystems. *J Sci Food Agric*. 95(3), pp.438-446. DOI: <https://doi:10.1002/jsfa.6708>.

Warner KD, Daane KM, Getz CM, Maurano SP, Calderon S and Powers KA. 2011. The decline of public interest agricultural science and the dubious future of crop biological control in California. *Agric Hum Values* 28(4): 483–496.

Weinberg J. 2008. *An NGO Guide to SAICM*. IPEN. Available at <http://www.ipen.org/campaign/education/introduction%20booklet.html> [Accessed 28 July 2018].

Wyckhuys KAG, Lu Y, Morales H, Vazquez LL, Legaspi JC, Eliopoulos PA and Hernandez LM. 2013. Current status and potential of conservation biological control for agriculture in the developing world. *Biological Control* 65: 152–167.