

Antecedentes y estrategias para el combate de *Diaprepes abbreviatus*, plaga invasora del Caribe

Stephen L. Lapointe¹

Introducción

El gorgojo *Diaprepes abbreviatus* (L.) fue descrito por Carl Linnaeus como *Curculio abbreviatus* en la décima edición de su *Systema Naturae*, en 1758, basado en especímenes recogidos en el Caribe. Hoy, *D. abbreviatus* se encuentra en Puerto Rico, Santo Domingo, Haití y las Antillas Menores, desde Grenada en el sur hasta las Islas Vírgenes en el norte. Curiosamente, la especie no ha sido encontrada en Trinidad, Tobago o Jamaica. Otros gorgojos relacionados, de los géneros *Exophthalmus* y *Pachnaeus*, son plagas importantes de los cítricos en Jamaica. Se han descrito varias especies de *Diaprepes* a partir de la coloración de los élitros, las cuales han sido clasificadas como sinónimos con *D. abbreviatus* (O'Brien y Wibmer 1982). Una especie cuestionada, *Diaprepes rohrii*, se reporta solamente en St. Croix, Islas Vírgenes, mientras que *D. abbreviatus* está al parecer ausente de esa isla. *D. rohrii* podría ser simplemente otra forma de *D. abbreviatus*. Antes de 1933, se reconoció que varias formas de *Diaprepes* encontradas a lo largo de Hispaniola, Puerto Rico y las Antillas Menores eran más probablemente una sola especie, fundamentalmente similar tanto en su estructura como en su comportamiento (Wolcott 1933a). Puerto Rico es el centro de diversidad de *D. abbreviatus*, y parece ser el lugar de origen más probable de la especie, debido al alto grado de diversidad fenotípica presente en esa isla.

El reverendo N. B. Watson describió el ciclo biológico básico de *D. abbreviatus* en Barbados (Watson 1903), por lo que es posible ubicar la plaga en esta isla desde la segunda mitad del s. XIX. Previo a 1901, el insecto era considerado una plaga de menor importancia. A pesar de que la caña de azúcar se había cultivado en el Caribe y Puerto Rico por cerca de 500 años, la plaga no cobró importancia económica hasta que aumentaron las poblaciones después de

ese año (Watson 1903). Watson atribuyó el aumento en las poblaciones a la introducción de la mangosta (*Herpestes javanicus*) para combatir ratas; aunque la mangosta no logró controlar a sus víctimas previstas, sí fue eficaz como depredador de aves y reptiles que eran depredadores efectivos de insectos como *D. abbreviatus*.

D. abbreviatus era un insecto común en Barbados y fue reconocido como plaga de la caña de azúcar en 1912 (Ballou 1912). En 1921, *D. abbreviatus* ya era considerado como una plaga seria de la caña de azúcar en esa isla y se recomendó la recolección masiva de adultos como método de control (Bourne 1921). En 1900, se informó que altas poblaciones de *D. abbreviatus* estaban atacando guayaba y café (Watson 1903, citando el boletín no. 30, New Series of the U.S. Department of Agriculture, Division of Entomology). En 1915, se informó que se encontraban varios fenotipos del insecto ampliamente distribuidos por la isla de Puerto Rico (Jones 1915), dañando caña de azúcar en la costa sur de la isla. El árbol de jobo (*Spondias lutea*, familia Anacardiaceae) es una especie preferida por los adultos.

Las poblaciones del insecto fueron distinguidas por la variación de colores y patrones de rayas en los élitros (Jones 1915). En las zonas bajas del oeste de Puerto Rico, las poblaciones de *D. abbreviatus* tienen élitros blanquecinos, pero son de color pardusco en las tierras bajas del sureste, incluyendo las islas de Culebra y Vieques. En las montañas centro-occidentales, hay un fenotipo de tamaño mayor, a menudo con élitros amarillos y una línea o raya adicional por élitro. En las montañas del oriente prevalece un fenotipo más pequeño, de color gris o verdoso (Hantula *et al.* 1987). En Barbados, Ballou (1912) describió el gorgojo como verde pálido con rayas oscuras de color bronce.

¹ Research Entomologist, USDA-ARS, U.S. Horticultural Research Lab, 2001 South Rock Road, Ft. Pierce, FL 34945, EUA, slapointe@ushrl.ars.usda.gov



Figura 1. Adulto de *Diaprepes abbreviatus* en el estado de Florida, EUA. Foto cortesía del Departamento de Agricultura de los EUA.



Figura 2. Tres fenotipos de *Diaprepes abbreviatus*: izquierda: Isabela, Puerto Rico (2000); centro: Apopka, Florida, EUA (1968); derecha: Adjuntas, Puerto Rico (2000).

Los adultos de *D. abbreviatus* son mayormente negros, cubiertos por escamas coloreadas que van del blanco ceniciento al naranja y el amarillo brillante. En los élitros, la longitud y el número de rayas desprovistas de escamas varían entre poblaciones. En Santa Lucía y Puerto Rico, hay variación subespecífica en el color y los cantos elitrales ligados por formas intermediarias. La base genética para esta variación en el color de las escamas y el número de las rayas no ha sido determinada, pero podría ofrecer pistas sobre el origen de la introducción en el estado de Florida, EUA.

Hutson (1917) describió la importancia del incremento de *D. abbreviatus* como plaga de caña de azúcar, maíz, lima, algodón, batata, cebolla y maní en el Caribe y sugirió la recolección de adultos y masas de huevos como método de control. En St. Kitts, se recolectaron 40000 adultos en un campo de algodón en abril de 1914. En Antigua, durante la primera parte de 1916, unos 70000 adultos fueron recogidos y destruidos en una sola finca sembrada de lima.

Con base en estos y otros informes, no hay indicación de la posible introducción de *D. abbreviatus* al Caribe ni de rastros del movimiento del insecto de isla a isla. La explicación más lógica del origen de *D. abbreviatus* en el Caribe es que se desarrolló en las islas donde hoy en día se encuentra la población más numerosa de esta plaga. La mayor diversidad del color y patrones elitrales encontrada en Puerto Rico es un argumento a favor de que esta isla sea el centro de origen de la especie. El intercambio genético repetido entre las poblaciones de Puerto Rico en la historia reciente no puede ser excluido. La búsqueda de agentes de control biológico clásico debe, por lo tanto, centrarse en el archipiélago del Caribe.

Daño

En 1987, *D. abbreviatus* fue descrito como la plaga más importante que afecta la agricultura, la horticultura, y la silvicultura en Puerto Rico (Hantula *et al.* 1987). Sin embargo, se han hecho pocos esfuerzos para cuantificar el daño causado por la plaga. Myers (1931) reportó que las poblaciones de *D. abbreviatus* habían aumentado hasta el punto de sobrepasar a *Diatraea sacharallis* como la plaga más seria de la caña de la azúcar en Barbados. Al parecer, el gorgojo — un insecto endémico— no infestó la caña de azúcar durante siglos, a pesar de su cultivo extenso en la isla. Según Watson (1903), el daño en caña de azúcar y batatas no fue observado antes de 1901. Según Ballou (1912), el insecto había llegado a ser abundante antes de 1904, pero no fue considerado una plaga seria hasta 1909, cuando se observó un aumento en el daño. Myers (1931) citó una pérdida aproximada de 8 t/ha de caña en Barbados en 1922.

Tucker (1929) estimaba que la pérdida debida a la depredación larval en la caña de azúcar en Barbados alcanzaba entre 11 y 14 t/ha de caña. Antes de 1939, Tucker promovía un sistema de pagos en efectivo por la recolección y destrucción de los adultos del gorgojo. Tucker (1936) no observó parasitoides de *D. abbreviatus* en Barbados antes del año 1931, y liberó 22000 y 11000 *Tetrastichus haitiensis* (Gahan) (Eulophidae), un endoparasitoide primario del huevo, importado desde Puerto Rico en 1931 y 1932, respectivamente. No se recuperaron parasitoides en Barbados de los traídos de Puerto Rico. *T. haitiensis* había sido introducido a Puerto Rico por G.N. Wolcott, desde Haití, en 1928, pero Tucker observó que no se recuperó ningún parasitoide en campos de caña en Puerto Rico. Así, este autor concluyó que *T.*

haitiensis no puede atacar los huevos de *D. abbreviatus* depositados entre las hojas de la caña de azúcar.

George Wolcott, trabajando en la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras, observó que los árboles jóvenes de cítricos en viveros o recién sembrados eran más dañados que los árboles maduros (Wolcott 1936). Wolcott (1936) también estudió la oviposición, describió el ciclo de vida, y observó el alto grado de variabilidad en el período de desarrollo de *D. abbreviatus*. Sugirió que la variabilidad en el desarrollo era una estrategia por parte del gorgojo para evitar los parasitoides que eran estacionalmente abundantes en Puerto Rico, y observó que la parasitación de huevos era alta en la primavera, pero inexistente durante el resto del año. Los huevos de la plaga, sin embargo, se encontraban a lo largo del año (Wolcott 1934). Wolcott (1933b) conjeturaba que las mudas larvales y la pupación son sincronizadas por el contacto repentino con el agua (lluvias) —teoría que no ha sido comprobada—, y describió la preferencia de las hembras por ovipositar entre tiras de papel, tal como lo hacen en el campo entre las hojas Wolcott (1933c). Este comportamiento facilita la recolección de huevos en cría artificial (Lapointe y Shapiro 1999).

Historia del combate de *D. abbreviatus*

Ballou (1912) observó que el monocultivo continuo de caña de azúcar aumenta el daño por *D. abbreviatus*. Durante 1911, se emplearon alumnos de primaria en Barbados para recoger y destruir adultos del gorgojo, y se capturaron unos 30000 adultos en una finca durante un mes. Este autor menciona esfuerzos similares en St. Kitts y Antigua. Bourne (1921) también describió esfuerzos por recolectar adultos en forma masiva; la técnica parece haber sido eficaz cuando se aplicaba sistemáticamente en regiones extensas. Las campañas cooperativas —de una década de duración— para reducir las poblaciones de *Diaprepes* en Barbados fueron consideradas como exitosas porque la isla era pequeña, densamente poblada, y tenía una cantidad mínima de tierra sin cultivar (Tucker 1953). La recolección manual de adultos emergentes, especialmente en campos de caña, fue facilitada por la siembra de plantas hospedantes atractivas, tales como el gandul (*Cajanus cajan*) u otros arbustos o árboles de crecimiento rápido en los bordes de los campos (Wolcott 1933a, 1933d). Se han reportado adultos del gorgojo alimentándose en plantas de gandul, maíz, haba y batata (hospedante preferido). El sapo (*Bufo marinus*) fue importado a Puerto Rico desde Barbados en 1920 y desde Jamaica en 1924 para controlar

larvas de *Phyllophaga* spp. y *Diaprepes*. Se recomendó sembrar *C. cajan* o bananos a lo largo de las zanjas y de los bancos para atraer los adultos que entonces caerían presa de los sapos (Dexter 1932).

Nowell (1912) recomendó descubrir las raíces de la caña después de la cosecha para exponer las larvas, y sugirió mantener cerca gallinas durante la operación. Dicho autor observó que las larvas completamente desarrolladas se dispersan de las plantas de caña en busca de suelo húmedo donde empupar, recorriendo a veces distancias considerables en el suelo. Después de las primeras lluvias de mayo/junio, emergen números mayores de adultos.

La interacción entre alimentación larval y patógenos radiculares fue observada por Nowell (1913), quien informó que la rotación de caña con algodón redujo en gran parte el daño, aunque las larvas sobrevivieron en el suelo con rotación. Este autor sugirió que la reducción de inóculo del fitopatógeno *Marasmius sacchari* disminuyó el daño, debido al complejo de gorgojo y patógeno.

R. G. Fennah fue comisionado para investigar la misteriosa muerte de los árboles de lima en Montserrat y de los cítricos en general en Santa Lucía. Describió varios aspectos de la biología de *D. abbreviatus*, incluyendo su preferencia por alimentarse de hojas jóvenes y ovipositar sobre hojas maduras (Fennah 1940b). Demostró también que la oviposición fue disuadida cuando los tarsos de las hembras fueron cubiertos con varias sustancias que destruyeron el mecanismo de la succión. Sugirió también que la edad de la hoja era detectada por medio de quimiorreceptores antenales. Fennah describió tres métodos de control que, en ese entonces, se consideraban prácticos para su uso en las Antillas Menores: el uso del arseniato de plomo cerca de las raíces, el método de “raíz pelada”, y la siembra de cobertura repelente entre los árboles.

El método de raíz pelada consiste en remover el suelo alrededor de la base de la caña, exponiendo así la parte más susceptible de la planta al aire y evitando la alimentación por las larvas sobre la corona de la misma; de esta manera, se reduce el daño a la parte más susceptible de la planta. Otro método consistía en el cultivo de una cobertura repelente; Fennah sugirió que la leguminosa *Tephrosia candida* era repelente a adultos de *D. abbreviatus* (Fennah 1940a, 1940b, 1942). Sin embargo, no existen reportes en la literatura sobre trabajos con esa planta. Lapointe *et al.* (2003) confirmaron el efecto repelente de *T. candida* sobre adultos de *D. abbreviatus* y descubrieron que las raíces son tóxicas para las larvas.

Se encuentran relativamente pocas referencias sobre el control químico de *Diaprepes* durante 1950 y 1960. El paradiclorobenceno y los insecticidas hidrocarburos de cloro fueron utilizados en Jamaica como barreras a larvas neonatas (no *D. abbreviatus*) con cierto éxito (Dixon 1954). El DDT, el clordano, el fluosilicato de bario, el arseniato de plomo, el aldrín y la dieldrina fueron propuestos como adulticidas (Wolcott 1933a, 1948, Fennah 1942). Es posible que el aldrín y la dieldrina fueran utilizados extensamente para el control del adulto de *D. abbreviatus* por aspersiones foliares y de larvas como insecticidas del suelo durante el período en que esos compuestos estuvieron disponibles (Wolcott 1954). En Puerto Rico, *D. abbreviatus* —que atacaba la palma datilera— fue controlado por aplicaciones foliares de aldrín (Jackson 1963). El ocaso de la era de los insecticidas persistentes coincidió con la introducción de *D. abbreviatus* a los Estados Unidos. Bullock (1971) probó 24 adulticidas e identificó 10 capaces de controlar el adulto de *D. abbreviatus*; sin embargo, debido a la breve eficacia residual de las aspersiones foliares de los insecticidas disponibles actualmente, y del período prolongado de la aparición del adulto en el campo, no hay datos suficientes para establecer la utilidad de los adulticidas.

Desde la introducción de *D. abbreviatus* a la Florida, una apreciación creciente de la severidad del daño causado por la plaga y la dificultad de controlar un insecto subterráneo, de larga vida, en un cultivo de árbol como los cítricos han estimulado la investigación sobre la biología, fisiología, relaciones insecto-planta y métodos para el combate del gorgojo.

Ciclo de vida

Los adultos y larvas de *D. abbreviatus* son polívoros (Simpson *et al.* 1996). Los adultos ovipositan sobre las hojas, utilizando un adhesivo e intercalando una capa de huevos entre dos hojas u otras superficies (Wolcott 1933c). Las larvas neonatas caen al suelo y se alimentan de raíces. El límite inferior de temperatura para el desarrollo del huevo es de 12 °C y el límite superior es de 30 a 32 °C; la duración del desarrollo del huevo es de siete días a 26 °C (Lapointe 2001). El período larval es de 125 días y el período pupal es de 20 días a 26 °C; la longevidad del adulto es de dos a cuatro meses, con una fecundidad de aproximadamente 5000 huevos/hembra (Lapointe 2000). La tasa sexual varía entre 1 y 1,5 machos/hembra.

Control biológico

El concepto de control biológico clásico se basa en la observación de que las poblaciones de plagas insectiles son limitadas en su ámbito nativo por enemigos naturales, los cuales podrían ser utilizados en programas de introducción a áreas invadidas por la plaga. En el caso de *D. abbreviatus*, este método ha sido cuestionado porque el gorgojo no se encuentra bajo control biológico dentro de su supuesto ámbito nativo (islas del Caribe). Sin embargo, tres especies de parasitoides de huevos —*Ceratogramma etiennei* Delvare (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Quadrastichus haitiensis* (Gahan) (Hymenoptera: Eulophidae) y *Aprostocetus vaquitarum* (Wolcott) (Hymenoptera: Eulophidae)— fueron importadas desde el Caribe y liberadas en el estado de la Florida (Hall *et al.* 2001) entre 1997 y 2000. *C. etiennei* no se recuperó después de un año, pero *Q. haitiensis* y *A. vaquitarum* sí se establecieron, principalmente en el sur del estado. Hasta la fecha, no se ha determinado el impacto de estos parasitoides sobre poblaciones del gorgojo en la Florida.

El uso de nematodos entomopatógenicos para el control de *D. abbreviatus* se limita por su elevado costo y poca persistencia en el suelo después de su liberación (Duncan *et al.* 1996). Hay dos productos comerciales disponibles y, según resultados de estudios de corto plazo, pueden ser eficaces si se aplican dos veces al año (Bullock *et al.* 1999).

Resistencia varietal

Se identificaron fuentes de resistencia contra *D. abbreviatus* en especies de árboles del grupo Clauseneae de la subfamilia Aurantioideae (*sensu* Swingle) (Lapointe *et al.* 1999, Shapiro *et al.* 2000, Bowman *et al.* 2001). Desafortunadamente, estos árboles no son sexualmente compatibles con el grupo Citreae, que incluyen a los cítricos. Entre las especies comúnmente utilizadas como patrones, existe un bajo nivel de resistencia en *Poncirus trifoliata*, pero es insuficiente como para justificar un largo proyecto de mejoramiento genético (Lapointe y Bowman 2002). Por lo tanto, se ha intentado identificar otras fuentes de resistencia en plantas que puedan ser utilizadas como cobertura en huertas de cítricos (Lapointe 2003). Por lo menos una especie de leguminosa tiene un alto nivel de resistencia antibiótica gracias a los aleloquímicos presentes en sus raíces (Lapointe *et al.* 2003).

La falta de genes de resistencia accesibles para al mejoramiento tradicional impulsa los esfuerzos hacia la generación de patrones transgénicos. En el laboratorio U.S. Horticultural Research Laboratory se investiga el uso de toxinas de *Bacillus thuringiensis* e inhibidores de proteasas para transformar patrones de cítricos.

Conclusiones

D. abbreviatus representa el caso de una plaga que carece de un nivel eficaz de control natural en el Caribe, su supuesto lugar de evolución. Al parecer, sus características de polífago relativamente libre de parasitoides le permiten aprovechar los agroecosistemas semi-permanentes, los cuales son propicios para el lento desarrollo de sus larvas. Mientras continúa la búsqueda

de enemigos naturales en el Caribe para controlar la plaga en cítricos de Florida, hay pocas probabilidades de encontrar un método satisfactorio de combate basado solamente en el control biológico. Además, desarrollar resistencia varietal en patrones de cítricos contra las larvas tomaría varias décadas, aun si hubiera una fuente de resistencia adecuada disponible que también fuera compatible sexualmente con cítricos. Después de haber examinado las opciones, es difícil escapar a la conclusión de que dados los caracteres biológicos de la plaga y del cultivo de cítricos, así como las condiciones socioeconómicas del cultivo, la solución más apropiada será la producción de patrones transgénicos. Con los avances constantes de la biología molecular, esto parece estar al alcance en el futuro cercano.

Literatura Citada

- Ballou, HA. 1912. Insect pests of the Lesser Antilles. Barbados, West Indies, Imperial Department of Agriculture. p. 66-69. (Pamphlet Series no. 71).
- Bourne, BA. 1921. Insect attacks reported or observed. Barbados, Annu. Rep. Dep. Agric. p. 12-13.
- Bowman, KD; Shapiro, J; Lapointe, SL. 2001. Sources of resistance to *Diaprepes abbreviatus* in subfamily Aurantiodeae, Rutaceae. HortScience 36(2):332-336.
- Bullock, RC. 1971. Effectiveness of foliar sprays for control of *Diaprepes abbreviatus* (L.) on Florida citrus. Tropical Agriculture 48:127-131.
- _____; Pelosi, RR; Killer, EE. 1999. Management of citrus root weevils (Coleoptera: Curculionidae) on Florida citrus with soil-applied entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida). Florida Entomologist 82:1-7.
- Dexter, RR. 1932. The food habits of the imported toad *Bufo marinus* in the sugarcane sections of Puerto Rico. In Entomology Congress (4, 1935). Proceedings. International Society of Sugar Cane Technologists. p. 1-6.
- Dixon, WB. 1954. Fiddler Beetles. Natural history notes of the Natural History Society of Jamaica no. 69:166-167.
- Dunan, LW; McCoy, CW; Terranova, C. 1996. Estimating sample size and persistence of entomogenous nematodes in sandy soils and their efficacy against the larvae of *Diaprepes abbreviatus* in Florida. Journal of Nematology 28:56-67.
- Fennah, RG. 1940a. Rep. Dept. Agric. St. Lucia. p. 25-28.
- _____. 1940b. Observations on behaviour of citrus rootstocks in St. Lucia, Dominica and Montserrat. Tropical Agriculture 17:72-76.
- _____. 1942. The citrus pests investigation in the Windward and Leeward Islands. Trinidad, B.W.I. Imperial College of Tropical Agriculture.
- Hall, DG; Peña, J; Franqui, R; Nguyen, R; Stansly, P; McCoy, C; Lapointe, SL; Adair, RC; Bullock, B. 2001. Status of biological control by egg parasitoids of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in citrus in Florida and Puerto Rico. BioControl 46:61-70.
- Hantula, J; Saura, A; Lokki, J; Virkki, N. 1987. Genic and color polymorphism in Puerto Rican phyllobiine weevils *Diaprepes abbreviatus* (L.) and *Compsus maricaco* Wolcott. Universidad de Puerto Rico, Journal of Agriculture 71:391-397.
- Hutson, JC. 1917. Insect notes. Some weevils of the genus *Diaprepes* in the West Indies. The Agricultural News 16:186-187.
- Jackson, GC. 1963. *Diaprepes abbreviata* Linnaeus on *Phoenix dactylifera* L. Universidad de Puerto Rico, Journal of Agriculture 47:290.
- Jones, JH. 1915. The sugar-cane weevil root borer (*Diaprepes spengleri* L.). Insular Exp. Sta. (Río Piedras, Puerto Rico) Bulletin. 14:1-19.
- Lapointe, SL. 2000. Thermal requirements for development of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). Environmental Entomology 29:150-156.
- _____. 2001. Effect of temperature on egg development of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). Florida Entomologist 84:298-299.
- _____. 2003. Leguminous cover crops and their interactions with Citrus and *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). Florida Entomologist 86:80-85.
- _____; Shapiro, JP. 1999. Effect of soil moisture on development of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). Florida Entomologist 82:291-299.
- _____; Bowman, KD. 2002. Is there meaningful plant resistance to *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in citrus rootstock germplasm? Journal of Economic Entomology 95:1059-1065.
- _____; McKenzie, CL; Hunter, HB. 2003. Toxicity and repellency of *Tephrosia candida* to larval and adult *Diaprepes* root weevil (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Economic Entomology 96:811-816.
- _____; Shapiro, JP; Bowman, KD. 1999. Identification of sources of plant resistance to *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Economic Entomology 92:999-1004.
- Myers, JG. 1931. A preliminary report on an investigation in the biological control of West Indian insect pests. Empire Marketing Board 42:1-173.

- Nowell, W. 1912. Field investigations of beetle grubs attacking roots of sugarcane. Barbados, Report of the Local Department of Agriculture, 1911-12. p. 50-51.
- _____. 1913. Report of the assistant superintendent of agriculture on the entomological and mycological work carried out during the season under review. Rept. Local Dept. Agric., Barbados 1911-1913, p. 34-45.
- O'Brien, CW; Wibmer, GJ. 1982. Annotated checklist of the weevils (Curculionidae sensu lato) of North America, Central America, and the West Indies (Coleoptera: Curculionoidea). Memoirs of the American Entomological Institute. no. 34. 382 p.
- Shapiro, JP; Bowman, KD; Lapointe, SL. 2000. Dehydrothalebanin, a source of resistance from *Glycosmis pentaphylla* against the citrus root weevil *Diaprepes abbreviatus*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48:4404-4409.
- Simpson, SE; Nigg, HN; Coile, NC; Adair, RA. 1996. *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae): host plant associations. Environmental Entomology 25:333-349.
- Tucker, RWE. 1929. Sugar-cane borers. Tropical Agriculture 6:224-226.
- _____. 1936. Parasites introduced into Barbados for control of insect pests. Department of Science and Agriculture, Barbados Agricultural Journal 5:1-22.
- _____. 1953. Biological control of insect pests in Barbados. Proceedings of the International Society of Sugarcane Tech. 8:573-581.
- Watson, NB. 1903. The root-borer of sugar-cane. West Indian Bulletin 4:37-47.
- Wolcott, GN. 1933a. An economic entomology of the West Indies. San Juan, PR, Entomological Society of Puerto Rico. p. 1-688.
- _____. 1933b. The larval period of *Diaprepes abbreviatus* L. Universidad de Puerto Rico, Journal of Agriculture 17:257-264.
- _____. 1933c. Otiiorhynchids oviposit between paper. Journal of Economic Entomology 26:1172.
- _____. 1933d. The changed status of some insect pests in Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico, Journal of Agriculture 17:265-270.
- _____. 1934. The diapause portion of the larval period of *Diaprepes abbreviatus* L. J. Agric., Univ. Puerto Rico 18:417-428.
- _____. 1936. The life history of *Diaprepes abbreviatus* L., at Rio Piedras. Universidad de Puerto Rico, Journal of Agriculture 20:883-914.
- _____. 1948. The insects of Puerto Rico: Coleoptera. Universidad de Puerto Rico, Journal of Agriculture 32:225-416.
- _____. 1954. Residual effectiveness of insecticides against soil-inhabiting insects. Universidad de Puerto Rico, Journal of Agriculture 38:108-114.