



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Potencialidad de *Cotesia flavipes* Cameron
(Hymenoptera: Braconidae) para el control
del complejo *Diatraea* (Lepidoptera:
Crambidae) en el cultivo de caña de
azúcar en el valle del río Cauca, Colombia**

Leidy Julieth Salamanca Canizales

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Palmira, Colombia
2019

Potencialidad de *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) para el control del complejo *Diatraea* (Lepidoptera: Crambidae) en el cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca, Colombia

Leidy Julieth Salamanca Canizales

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Doctora en Ciencias Agrarias

Director interno (a): Ph.D.; Bióloga, María del Rosario Manzano. UnalP

Director externo (b): Ph.D.; Ingeniero agrónomo, German Andrés Vargas. Cenicaña

Línea de Investigación: Control biológico
Grupo de Investigación: Interacciones tritróficas

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Palmira, Colombia

2019

Reflexión:

La letra con música entra

Pero con dulzura y amor se enseña mejor

Anónimo.

A mis padres gracias por su ejemplo de vida y de infinito amor.

Agradecimientos

A Colciencias, a la convocatoria 617 estudiantes de doctorado en Colombia 2013, por la financiación económica.

A los proyectos de investigación HERMES 31188 y HERMES 30405, y al Apoyo en Movilidad Internacional HERMES 6620, financiados por la Universidad Nacional de Colombia, para el desarrollo del Doctorado.

A la empresa de insumos biológicos de Colombia Biocol S.A.S y a Belliney Arboleda por todo el apoyo logístico en cinco años. Al ingeniero Jaime Gaviria, por documentar la introducción de *C. flavipes* a Colombia.

A la líder y al grupo Interacciones Titróficas de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Agradecimientos a los jóvenes Ingenieros Agrónomos Mellisa Rondón y Cristian Mauricio Vallejo, los cuales en su proceso de formación contribuyeron a este trabajo.

Al Instituto Colombiano agropecuario, ICA y al Ingeniero Fernando Flórez por su colaboración para recolectar *C. flavipes*. A la empresa de biológicos Bioagro.

A Carlos Arturo Moreno, Mario García, Heiber Cárdenas por la asesoría en el análisis de datos.

A Marzory Andrade, Luz Adriana Lastra, Sandra Valencia, Catalina Sanabria y Herminio Paredes.

A Cenicaña, por el financiamiento del trabajo de investigación, al grupo de variedades y en especial a todos los integrantes de la sección de entomología de Cenicaña, los cuales, con su apoyo logístico, experiencia y aportes, contribuyeron durante mi estadía, al desarrollo de la investigación. Gracias a Quiño Sonia y Chacha. A Jhon, Orlando, Claudia Echeverri, Gerson, Luis, Pinkey, Viviana, Mauricio, Leonardo y Absalón.

A los orientadores, María del Rosario Manzano y Germán Andrés Vargas por sus aportes al documento y por la oportunidad de participar en el proyecto.

Al jurado evaluador por sus aportes al documento.

Al Biólogo Hugo Arredondo, por permitirme compartir y aprender con las personas del Centro nacional de referencia en control biológico, MOSCAFRUT y MOSCAMED.

A mis padres, familia y amigos, en especial a Álvaro Urresty. Gracias por compartir su experiencia, consejos, liderazgo y por los aportes invaluable al trabajo de campo. De inicio a fin, gracias por toda la colaboración, y por dejar un legado a las futuras generaciones.

A mis primos Juan Manuel Salamanca Roa, por la elaboración de los esquemas y a Raquel Veléz Peña.

Resumen

Se estudió la biología y comportamiento de *Cotesia flavipes* cuando se desarrolla en el complejo de barrenadores de la caña del género *Diatraea*: *D. saccharalis*, *D. indigenella*, *D. tabernella* y *D. busckella*, presentes en el valle del río Cauca. Se evaluó el efecto en la biología, tamaño, atracción por el excremento y preferencia de parasitoidismo de dos poblaciones de *Cotesia* comercial y campo ante el complejo *Diatraea*. La población comercial fue obtenida de insumos biológicos de Colombia (Laboratorios Biocol S.A.S). La población de campo fue recolectada en larvas de *Diatraea* con parasitoidismo de *C. flavipes*, en caña de azúcar en el municipio de Suaita, departamento de Santander, Colombia. Se encontró que las poblaciones presentaron diferencias en algunos parámetros biológicos al ser reproducidas en las diferentes especies de *Diatraea*. El mayor tamaño corporal de *Cotesia flavipes* de la población de campo fue con *D. indigenella* y *D. busckella*, mientras con la población comercial, el mayor tamaño fue con *D. indigenella*. La población de campo presentó mayor preferencia por *D. busckella* que por otras especies y la población comercial no tuvo preferencia por alguna *Diatraea*. Los resultados de biología y comportamiento en *Cotesia* permitieron demostrar el potencial reproductivo del parasitoide en las especies de *Diatraea* presentes en la región.

Palabra clave: barrenadores, caña de azúcar, control biológico, preferencia

Abstract

This study analyzed the biology and behavior of *Cotesia flavipes* when it developed within the complex of sugarcane of the genus *Diatraea*: *D. saccharalis*, *D. indigenella*, *D. tabernella* and *D. busckella* present in the Cauca Valley of the Cauca River Colombia. The effect on biology, size, excrement attraction and parasitism preference of two populations of *Cotesia* (commercial and field) in *Diatraea* complex was evaluated. The commercial population was provided by Insumos Biológicos de Colombia (Laboratorios Biocol S.A.S). The field population was collected in *Diatraea* larvae with *C. flavipes* parasitism from sugarcane samples taken from the municipality of Suaita, department of Santander, Colombia. It was found that the populations presented differences regarding some biological parameters when reproduced in different species of *Diatraea*. The largest body size of *Cotesia flavipes* from the field population was of *D. indigenella* and *D. busckella*, whereas the largest size from the commercial population was of *D. indigenella*. In the tests for parasitism preference in sugarcane crops, the field population presented a greater preference for *D. busckella* than for other species, and the commercial population did not have a preference for any *Diatraea*. The results of biology and behavior in *Cotesia* allowed to demonstrate the reproductive potential of the parasitoid in the *Diatraea* species of the region.

Keywords: stem borers, sugarcane, biological control, preference

Contenido

	Pág.
<i>Diatraea</i> en cultivos de Caña de azúcar en Colombia	1
1. Efecto de la especie de <i>Diatraea</i> spp. (Lepidoptera: Crambidae) en aspectos biológicos de <i>Cotesia flavipes</i> (Hymenoptera: Braconidae).	XXI
1.1 Resumen	XXI
1.2 Abstract	XXII
1.3 Introducción	23
1.3.1 Obtención de material biológico de <i>Cotesia flavipes</i>	26
1.3.2 Obtención de material biológico de <i>Diatraea</i> y parasitoidismo por <i>C. flavipes</i>	26
1.3.3 Mortalidad de larvas de <i>Diatraea</i> y estimación de la mortalidad prematura	27
1.3.4 Medición de variables morfométricas	29
1.4 Resultados	30
1.4.1 Tiempo de desarrollo de <i>Cotesia flavipes</i>	31
1.4.2 Número de pupas, adultos y proporción de hembras de <i>C. flavipes</i>	32
1.4.3 Mortalidad de larvas de <i>Diatraea</i> spp.	35
1.4.4 Proporción de parasitoidismo de <i>C. flavipes</i>	37
1.4.5 Diferencia de peso de las larvas de <i>Diatraea</i> .	38
1.4.6 Variables morfométricas	40
1.5 Discusión	42
1.6 Literatura Citada	49
2. Respuesta de atracción de <i>Cotesia flavipes</i> Cameron (Hymenoptera: Braconidae) al complejo de especies de <i>Diatraea</i> presentes en el valle del río Cauca	
LVII	
2.1 Resumen	LVII
2.2 Abstract	LVIII
2.3 Introducción	59
2.4 Métodos	62
2.4.1 Obtención de poblaciones de <i>Cotesia flavipes</i>	62
2.4.2 Obtención del excremento de <i>Diatraea</i>	62
2.4.3 Diseño del olfatómetro de cuatro vias y montaje del experimento	63

2.4.4	Experimento 1: Respuesta de atracción de <i>Cotesia flavipes</i> al excremento de cada especie de <i>Diatraea</i> spp.; con relación a 3 salidas de aire limpio	64
2.4.5	Experimento 2. Respuesta de atracción de <i>C. flavipes</i> a la exposición simultánea del excremento de cuatro especies de barrenador	65
2.4.6	Análisis de datos	66
2.5	<i>Resultados</i>	68
2.5.1	Atracción de <i>Cotesia flavipes</i> al excremento de cada especie de <i>Diatraea</i> spp., en comparación con tres salidas de aire limpio	68
2.5.2	Atracción de <i>C. flavipes</i> a la presencia simultánea del excremento de cuatro especies de barrenador	69
2.6	<i>Discusión</i>	71
2.7	<i>Literatura Citada</i>	76
3.	Parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> Cameron (Hymenoptera: Braconidae) en condiciones de campo sobre cuatro especies de <i>Diatraea</i> (Lepidoptera: Crambidae)	
	LXXXI	
3.1	<i>Resumen</i>	LXXXI
3.2	<i>Abstract</i>	LXXXII
3.3	<i>Introducción</i>	83
3.4	<i>Metodología</i>	85
3.4.1	Poblaciones de <i>Cotesia flavipes</i>	86
3.4.2	Obtención de larvas de <i>Diatraea</i>	87
3.4.3	Infestación de las larvas centinela y distribución en el cultivo	87
3.5	<i>Análisis de datos</i>	89
3.6	<i>Resultados</i>	91
3.7	<i>Discusión</i>	94
3.8	<i>Literatura Citada</i>	98
4.	Discusión general y recomendaciones	103
4.1	<i>Conclusiones</i>	106

Lista de figuras

Pág.

- Figura 1-1: Caracteres morfológicos medidos del ancho de cabeza (a), largo del ala (b) y ancho del ala izquierda (c) en hembras de *C. flavipes* de la población comercial y de campo, valor de la escala de medición de 0,1 mm, longitud de la escala 10 mm (d). 30
- Figura1-2: Media \pm error estándar del número de pupas por larva (A, B), avispas emergidas por larva (C, D) en la población comercial y campo de *C. flavipes* y comparación entre el número de avispas emergidas en ambas poblaciones de *Cotesia flavipes* con la misma especie de *Diatraea* (E) al ovopositar las especies de *Diatraea* spp., DB = *D. busckella*, DI = *D. indigenella*, DS = *D. saccharalis* y DT = *D. tabernella*. 34
- Figura1-3: Media (\pm error estándar) de la mortalidad y de la proporción de la mortalidad corregida de larvas de *Diatraea* spp. *Diatraea* DB = *D. busckella*, DI = *D. indigenella*, DS = *D. saccharalis* y DT = *D. tabernella*. Mortalidad de larvas control (A y C), ovopositadas con *C. flavipes* (B y D) y mortalidad corregida (E y F) de dos poblaciones de *C. flavipes* comercial y campo. 36
- Figura1-4: Media (\pm error estándar) de la comparación de la proporción de parasitoidismo entre ambas poblaciones de *Cotesia flavipes* para la misma especie de *Diatraea* en larvas de *Diatraea* spp., DB = *D. busckella*, DI = *D. indigenella*, DS = *D. saccharalis* y DT = *D. tabernella*). 37
- Figura1-5: Diferencia de peso, (media \pm error estándar) en larvas de *Diatraea* spp., DB = *D. busckella*, DI = *D. indigenella*, DS = *D. saccharalis* y DT = *D. tabernella*, en larvas sin ovopositar o control (A y C) y expuestas a ovoposición (B y D) y comparación entre el peso de las larvas control y ovopositadas (E y F) entre ambas poblaciones de *Cotesia flavipes* para la misma especie de *Diatraea* 39
- Figura1-6: Medidas en milímetros (media \pm error estándar) del ancho del ala (A,B), largo del ala (C,D), ancho de la cabeza (E;F) de las avispas de la población comercial y de campo reproducidas en las cuatro especies de *Diatraea* spp, DB = *D. busckella*, DI = *D. indigenella*, DS = *D. saccharalis* y DT = *D. tabernella*. 41
- Figura1-7: Comparación entre la población comercial y campo del ancho de la cabeza (A), ancho del ala (B), largo del ala (C) (media \pm error estándar) en milímetros del de la reproducidas en las cuatro especies de *Diatraea* spp., DB = *D. busckella*, DI = *D. indigenella*, DS = *D. saccharalis* y DT = *D. tabernella*. 42
- Figura 2-1: Diseño del olfatómetro de 4 vías. 64

- Figura 2-2: Esquema de evaluación y calibración del flujo de aire del olfatómetro de 4 vías. 65**
- Figura 2-3. Atracción de avispas de *C. flavipes* comercial (A) y campo (B) para seleccionar o no al excremento de *Diatraea* spp. 70**
- Figura 2-4. Atracción de avispas (media \pm error estándar) de *C. flavipes* comercial y campo para seleccionar o no el excremento de *Diatraea* spp. 71**
- Figura 3-1. Distribución espacial de los cultivos para evaluar el parasitoidismo de dos poblaciones de *C. flavipes* comercial y campo a 5 metros de distancia de *D. busckella*, *D. indigenella*, *D. saccharalis* y *D. tabernella*. 89**
- Figura 3-2. Porcentaje de la preferencia (media \pm error estándar) de parasitoidismo de *Diatraea* spp. *Diatraea* (DB = *D. busckella*, DI = *D. indigenella*, DS = *D. saccharalis* y DT = *D. tabernella*). 93**
- Figura 3-3. Porcentajes de preferencia de parasitoidismo de *C. flavipes* (media \pm error estándar) de *Diatraea* spp., en los cuatro puntos cardinales (E = este, N = norte, O = oeste, S = sur) por las dos poblaciones de *C. flavipes* (A) comercial y (B) campo. 94**

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Media (\pm error estándar) del tiempo de desarrollo de <i>C. flavipes</i> en cada población comercial y campo.	32
Tabla 2-1. Media \pm error estándar de 10 individuos observados de cada población de <i>C. flavipes</i> (comercial y campo) evaluados de forma independiente (cada población) durante 20 minutos en un olfatómetro de cuatro vías donde se tenía (300 mg) de excremento de alguna de las especies de <i>Diatraea</i> spp. <i>Diatraea</i> (DB = <i>D. busckella</i> , DI = <i>D. indigenella</i> , DS = <i>D. saccharalis</i> ó DT = <i>D. tabernella</i>) en comparación con el aire limpio.	69
Tabla 3-1. Porcentaje medio de la preferencia de parasitoidismo y mortalidad de <i>Diatraea</i> spp., en 20 cultivos experimentales posterior a la liberación de dos poblaciones de <i>C. flavipes</i>	92

Actualmente la infestación de *D. tabernella* favoreció el parasitoidismo de *C. flavipes* en zona Norte del valle del río Cauca, y este parasitoide junto a *T. exiguum* se han convertido en la alternativa de control para *Diatraea* en la región (Vargas, 2018).

Literatura Citada

- AGELOPOULOS, N. G.; DICKE, M.; POSTHUMUS, M. A. 1995. Role of volatile inforchemicals emitted by feces of larvae in host-searching behavior of parasitoid *Cotesia rubecula* (Hymenoptera: Braconidae): A behavioral and chemical study. *Journal of chemical ecology*, 21 (11): 1789-1811p.
- ALLEYNE, M.; WIEDENMANN, R. N. 2001. Encapsulation and hemocyte numbers in three lepidopteran stemborers parasitized by *Cotesia flavipes*-complex endoparasitoids. *Entomologia experimentalis et applicata*, 100 (3): 279-293.
- ASSEFA, Y.; MITCHELL, A.; CONLONG, D. E.; MUIRHEAD, K. A. 2008. Establishment of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) in sugarcane fields of Ethiopia and origin of founding population. *Journal of economic entomology*, 101 (3): 686-691p.
- AYA, V. M.; ECHEVERRI, C.; BARRERA, G. P.; VARGAS, G. 2017. *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) as a biological control agent of sugarcane stem borers in Colombia's Cauca river valley. *Florida entomologist*, 100 (4): 826-830p.
- AYA, V. M.; MONTOYA, J.; ECHEVERRI, C.; MICHAUD, J. P.; VARGAS, G. 2019. Host resistance to two parasitoids (Diptera: Tachinidae) helps explain a regional outbreak of novel *Diatraea* spp. stem borers (Lepidoptera: Crambidae) in Colombia sugarcane. *Biological control*, 129:18-23.
- ASOCAÑA. 2017. Informe anual de la Asociación de Cultivadores de la Caña de Azúcar de Colombia Asocaña. En línea: <http://www.asocana.org/modules/documentos/14140.aspx>
- BADILLA, F. 2002. Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica. *Manejo integrado de plagas y agroecología*, 64 (1): 77-87p.
- BARANDOC, K. P.; KIM, J.; KIM, Y. 2010. *Cotesia plutellae* bracovirus suppresses expression of an antimicrobial peptide, cecropin, in the diamondback moth, *Plutella xylostella*, challenged by bacteria. *The Journal of microbiology*, 48 (1): 117-123p.
- BARRERA, G. P.; VILLAMIZAR, L. F.; ESPINEL, C.; QUINTERO, E. M.; BELAICH, M. N.; TOLOZA, D. L.; GHIRINGHELLI, P.; VARGAS, G. 2017. Identification of *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) based on cytochrome oxidase II. *Plos one*, 12 (9): 5-16p.
- BARROSO, F.; ADAY, O.; ACOSTA, S.; MUJICA, F. D.; BARROSO, J. 2003. Aclimatación y colonización de *Cotesia flavipes* en áreas de producción en Villa Clara, Cuba. *Centro Agrícola*, 30 (1), 55-58p.

- BLESZYNSKI, S. 1969. The taxonomy of the Crambine moth borers of sugar cane. Pests of sugar cane, Amsterdam London, 18-49p.
- BOX, H.E. 1931. The Crambine genera *Diatraea* and *Xanthopherne*. Bulletin of Entomological research, 22:1-50p.
- BUSTILLO, A. 2011. Parasitoides, predadores y entomopatógenos que afectan las plagas de la caña de azúcar en Colombia. En línea: http://www.cenicana.org/pdf/no_clasificacion/6481.pdf
- CENICAÑA. 2015. Centro de investigación de la caña de azúcar en Colombia. 2015. Informe anual 2014. Cali, 160p.
- CENICAÑA. 2016. Centro de investigación de la caña de azúcar en Colombia. 2016. Informe anual 2015. Cali, 131p.
- CENICAÑA. 2017. Centro de investigación de la caña de azúcar en Colombia. 2017. Informe anual 2016. Cali, 111p.
- DINARDO, L.; FRACASSO, J.; COSTA, V.; LOPES, D. 2014. Dispersal of *Cotesia flavipes* in sugarcane field and implications for parasitoid releases. *Bragantia*, 73 (2): 163 – 170p.
- EILENBERG, J., HAJEK, A., LOMER, C. 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46(4): 387-400p.
- EILENBERG, J., HOKKANEN, H. M. 2006. An ecological and societal approach to biological control. Dordrecht: Springer. 2: 1-50p.
- GAVIRIA, J. 1990. El control biológico de los insectos plaga de la caña de azúcar en Colombia. En: Tercer Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (Tecnicaña). Memorias del curso dictado en Cali, Colombia. 28 (1): 181-197p.
- HAJEK, A. 2004. Natural enemies, an introduction to biological control. Cambridge, Cambridge Univ. Press. Inglaterra. 301p.
- HERNÁNDEZ, D. 2010. Estudio de algunos aspectos biológicos de *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) parasitoide de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae). *Entomotropica*, 25 (2): 69-81p.
- ICA - Instituto Colombiano Agropecuario. 2017. Resolución 00017848 del 20 diciembre de 2017. “Por medio de la cual se establecen medidas fitosanitarias en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp. L) en el territorio nacional para la vigilancia y control de las especies barrenadoras del tallo del género *Diatraea* Guilding”, 10 p.
- JEMBERE, B.; A. J.; OVERHOLT, W. 2003. Olfactory responses of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) to target and non-target Lepidoptera and their host plants. *Biological control*, 28 (3): 360-367p.

- JIANG, N.; SÉTAMOU, M.; NGI-SONG, A. J.; OMWEGA, C. O. 2004. Performance of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) in parasitizing *Chilo partellus* (Lepidoptera: Crambidae) as affected by temperature and host stage. *Biological control*, 31 (2): 155-164p.
- JOYCE, A. L.; BERNAL, J. S.; VINSON, S. B.; HUNT, R. E.; SCHULTHESS, F.; MEDINA, R. F. 2010. Geographic variation in male courtship acoustics and genetic divergence of populations of the *Cotesia flavipes* species complex. *Entomologia experimentalis et applicata*, 137 (2): 153-164p.
- GÓMEZ, L.A.; LASTRA, L.A. 1995. Los Barrenadores de la Caña de Azúcar. Su manejo y control. CENICAÑA serie divulgativa N° 6. Valle del Cauca. Colombia
- GUPTA, A., SHAW, M.; CARDINAL, S.; FERNANDEZ-TRIANA, J. 2016. A review of unusual species of *Cotesia* (Hymenoptera, Braconidae, Microgastrinae) with the first tergite narrowing at midlength. *ZooKeys*, 580: 29
- KIMANI, S. W.; OVERHOLT, W. A. 1997. Biosystematics of the *Cotesia flavipes* complex (Hymenoptera: Braconidae): interspecific hybridization, sex pheromone and mating behavior studies. *Bulletin of entomological research*, 85 (3): 379-386p.
- LEYTON S. A.; GORDILLO, M.; GONZÁLEZ, P. A.; OSPINA, J. A.; & VARGAS, G. 2018. Distribución espacio-temporal de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) en el valle del río Cauca, Colombia. *Revista colombiana de entomología*, 44 (2):177-186p.
- LINARES, F.; FERRER, F. 1990. Introducción de *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) para el control de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) en Venezuela. *Caña de azúcar*, 8 (1). 5-11p.
- MAHMOUD, A.; DE LUNA, E.; RODRÍGUEZ, M. 2011. Parasitism by the endoparasitoid, *Cotesia flavipes* induces cellular immunosuppression and enhances susceptibility of the sugar cane borer, *Diatraea saccharalis* to *Bacillus thuringiensis*. *Journal of insect science*, 11 (119): 1-10p.
- MAHMOUD, A.; DE LUNA, E.; GUO, X.; REYES, F.; RODRÍGUEZ, M. 2012. Development of the braconid wasp *Cotesia flavipes* in two Crambids, *Diatraea saccharalis* and *Eoreuma loftini*: Evidence of host developmental disruption. *Journal of Asia-Pacific entomology*, 15: 63-68p.
- MARENCO, J.; GILSTRAP, M; MECKENSTOCK, D. 1998. Establecimiento de *Cotesia flavipes* para el Control de *Diatraea* en Honduras. *Ceiba*, 29 (2): 363-375.
- MOHYUDDIN, A. I.; INAYATULLAH, C.; KING, E. G. 1981 Host selection and strain occurrence in *Apanteles flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) and its bearing on biological control of graminaceous stem-borers (Lepidoptera: Pyralidae). *Bulletin of entomological research*. 71 (4): 575-581p.

- MUIRHEAD, K.; AUSTIN, A.; SALLAM, M. 2008. The systematics and biology of *Cotesia nonagriiae* (Hymenoptera: Braconidae), a newly recognized member of the *Cotesia flavipes* species complex. *Zootaxa*, 1846: 35-46p.
- MUIRHEAD, K.; MURPHY, N. P.; SALLAM, N. ; DONNELLAN, S. C.; AUSTIN, A. 2012. Phylogenetics and genetic diversity of the *Cotesia flavipes* complex of parasitoid wasps (Hymenoptera: Braconidae), biological control agents of lepidopteran stemborers. *Molecular Phylogenetics and evolution*, 63 (3): 904-914p
- MOCHIAH, M. B; NGI-SONG, A. J.; OVERHOLT, W. A.; STOUTHAMER, R. 2002. Variation in encapsulation sensitivity of *Cotesia sesamiae* biotypes to *Busseola fusca*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 105 (2): 111-118.
- NIYIBIGIRA, E. I. 2003. Genetic variability in *Cotesia flavipes* and its importance in biological control of lepidopteran stemborers. Thesis Wageningen University, The Netherlands. Amsterdam, 167p.
- NGI-SONG, A. J.; OVERHOLT, W. A.; AYERTEY, J. N. 1995. Suitability of African gramineous stemborers for development of *Cotesia flavipes* and *C. sesamiae* (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental entomology*, 24 (4): 978-984p.
- NGI-SONG, A. J.; OVERHOLT, W. A. 1997. Host Location and Acceptance by *Cotesia flavipes* Cameron and *C. sesamiae* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of African gramineous stemborers: role of frass and other host cues. *Biological control*, 9 (2): 136-142p.
- OSORIO, G. 2007. Buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la producción de caña y panela, 129-154p. En línea: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1525s/a1525s06.pdf>. Consultado: noviembre 22 de 2015.
- OSORIO, P. A. 2018. Preferencia de *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) sobre barrenadores *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) de caña para panela. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá. Bogotá. Colombia, 73p.
- OBONYO, M.; SCHULTHESS, F.; LE RU, B.; VAN DEN BERG. J.; CALATAYUD, A. 2010. Host recognition and acceptance behaviour in *C. flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of gramineous stembores in Africa. *European journal of entomology*, 107, 169-176p.
- OVERHOLT, W. A.; NGI-SONG, A. J.; KIMANI, S. K.; MBAPILA, J.; LAMMERS, P. M.; KIOKO, E. 1994. Ecological considerations of the introduction of *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) for biological control of *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae) in Africa. *Biocontrol news and information*, 15 (2): 19-24p.
- OVERHOLT, W. A.; NGI-SONG, A. J.; OMWEGA, C. O.; KIMANI-NJOGU, S. W.; MBAPILA, J.; SALLAM, M. N.; OFOMATA, V. 1997. A review of the introduction and

- establishment of *Cotesia flavipes* Cameron in East Africa for biological control of cereal stemborers. International journal of tropical insect science, 17 (1): 79-88p.
- PÉREZ, E.; MARTÍNEZ K. 2011. Distribución espacial y ciclo de vida de *Diatraea* spp. En plantaciones de *Saccharum officinarum* (Caquetá, Colombia). Ingenierías y amazonia, 4 (2): 122-130p.
- PINHEIRO, D. O.; ZUCCHI, D.; ZUCCHI, O.; NASCIMENTO FILHO, V. F.; ALMEIDA, E.; CONSOLI, F. L. 2010. Inorganic elements in the fat bodies of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae parasitized by *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). Comparative biochemistry and physiology. Biochemistry and molecular biology, 156 (4): 273-278p.
- POTTING, R.; DANSO, O.; OVERHOLT, W.; NGI-SONG. 1993. Host selection in *Cotesia flavipes* parasitoid of tropical stemborers. Proceedings of the section experimental and applied entomology of the Netherlands entomological society, (4): 47-52p.
- POTTING, R. 1996. Hunting for hiding host. The behavioral ecology of the stemborer parasitoid *Cotesia flavipes*. Thesis Wageningen University, The Netherlands. Amsterdam, 125 p.
- POTTING, R. 1997. Evolutionary and applied aspects of the behavioural ecology of the stemborer parasitoid *Cotesia flavipes*. International journal of tropical insect science. 17 (1): 109-118p.
- QUICKE, D. L. 2015. The braconid and ichneumonid parasitoid wasps: Biology, systematics, evolution and ecology. Faculty of science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. Wiley Blackwell, 751p.
- ROITBERG, B. D.; BOIVIN, G.; VET, L. E. M. 2001. Fitness, parasitoids, and biological control: an opinion. The Canadian entomologist, 133 (03): 429-438p.
- RODRÍGUEZ, L. C.; GÓMEZ, I.; PEÑALOZA, Y.; TEJADA, M. 2004. Desarrollo del parasitoide *Cotesia flavipes* Cameron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae) en *Diatraea tabernella* Dyar y *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Pyralidae), y su efectividad en el control de *Diatraea tabernella*. Tecnociencia, 1: 85-94p.
- SALLAM, M. N. 2006. A review of sugarcane stem borers and their natural enemies in Asia and Indian Ocean Islands: an Australian perspective. Annales de la societe entomologique de France, 42 (3): 263-283p.
- SALVADOR, G.; CONSOLI, F. 2008. Changes in the hemolymph and fat body metabolites of *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) parasitized by *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae). Biological control, 45: 103-110p.
- SALZAT, M.; Y WHITFIELD, J. 2004. Preliminary evolutionary relationships within the parasitoid wasp genus *Cotesia* (Hymenoptera: Braconidae) combined analysis of four genes. Systematic entomology, 29 (3): 371-382p.

- SOLIS, M. A.; METZ, M. A. 2016. An illustrated guide to the identification of the known species of *Diatraea* Guilding (Lepidoptera: Crambidae) based on genitalia. *ZooKeys*, 565: 73p.
- UEHARA, M. T. 2005. Estrategias de parasitismo da vespa parasitóide *Cotesia flavipes*, Cameron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae) (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). 120p.
- VAN LENTEREN, J.; BUENO, V. H. 2003. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. *Biocontrol*, 48 (2): 123-139p.
- VARGAS, G.; GÓMEZ, L. 2014. Los barrenadores de la caña de azúcar, *Diatraea* spp.; en el valle del río Cauca: investigación participativa con énfasis en control biológico. Cenicaña (Documento de trabajo N°. 734). En línea: www.cenicana.org/pdf/no_clasificación/6625.pdf.
- VARGAS, G.; GÓMEZ, L. A.; MICHAUD, J. P. 2015. Sugarcane stem borers of the Colombian Cauca River Valley: current pest status, biology, and control. *Florida entomologist*, 98 (2): 728-735p.
- VARGAS, G.; LASTRA, L. A.; RAMÍREZ, G. D.; SOLÍS, M. A. 2018. The *Diatraea* Complex (Lepidoptera: Crambidae) in Colombia's Cauca river valley: Making a case for the geographically localized approach. *Neotropical entomology*, 47 (3): 395-402p.
- VARGAS, G. 2018. Los barrenadores del tallo *Diatraea* y su control biológico mediante parasitoides de huevos y larvas. En: *Uso de parasitoides en el control biológico de insectos plaga en Colombia*. Corporación Colombiana de investigación agropecuaria. Bogotá, Colombia. 513-518p.
- VEIGA, A. C.; VACARI, A. M.; VOLPE, H. X.; DE LAURENTIS, V. L.; DE BORTOLI, S. A. 2013. Quality control of *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) from different Brazilian bio-factories. *Biocontrol science and technology*, 23 (6): 665-673p.
- VELEZ, R. 1997. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: Binomio y manejo integrado. 2ª Edición, Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 317-323p.
- VERHEYE, W. 2010. Growth and production of sugarcane. *Soils, plant growth and crop production*, 2:1-10p.
- VET, L.; DICKE, M. 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual review of entomology*, 37: 141-172p.
- VIEL, S. R. 2012. Avaliação da qualidade de produção e de busca pelo hospedeiro de *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) em laboratório. Tesis de Doctorado. Jaboticabal. Sao Paulo. Brasil, 109p.

- VOLPE, H. 2009. Distribuição espacial do parasitismo de *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) em cana-de-açúcar. Engenheiro Agrônomo Tesis de Doctorado. Jaboticabal. Sao Paulo. Brasil. 67p.
- WIEDENMANN, R. N.; SMITH, J. W. 1995. Parasitization of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) by *Cotesia chilonis* and *C. flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). Environmental entomology, 24 (4): 950-961p.
- ZHOU, G.; OVERHOLT, W. A. 2001. Spatial-temporal population dynamics of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) in Kenya. Environmental entomology, 30 (5): 869-876p.