



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

**Desarrollo de una metodología para evaluar la  
resistencia de caña de azúcar a *Diatraea* spp.  
(Lepidoptera: Crambidae)**

**Claudia Echeverri Rubiano**

**Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Palmira, Colombia  
2019**



**Desarrollo de una metodología para evaluar la  
resistencia de caña de azúcar a *Diatraea* spp.  
(Lepidoptera: Crambidae)**

**Claudia Echeverri Rubiano**

**Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para  
optar al título de:**

**Magister en Ciencias Agrarias - Línea Protección de Cultivos**

**Director (a):**

**Ph.D., Ingeniero Agrónomo, Germán Andrés Vargas Orozco**

**Codirector (a):**

**Ph.D., Ingeniero Agrónomo, Mario Augusto García Dávila**

**Línea de Investigación:**

**Resistencia varietal**

**Universidad Nacional de Colombia**

**Facultad de Ciencias Agrarias**

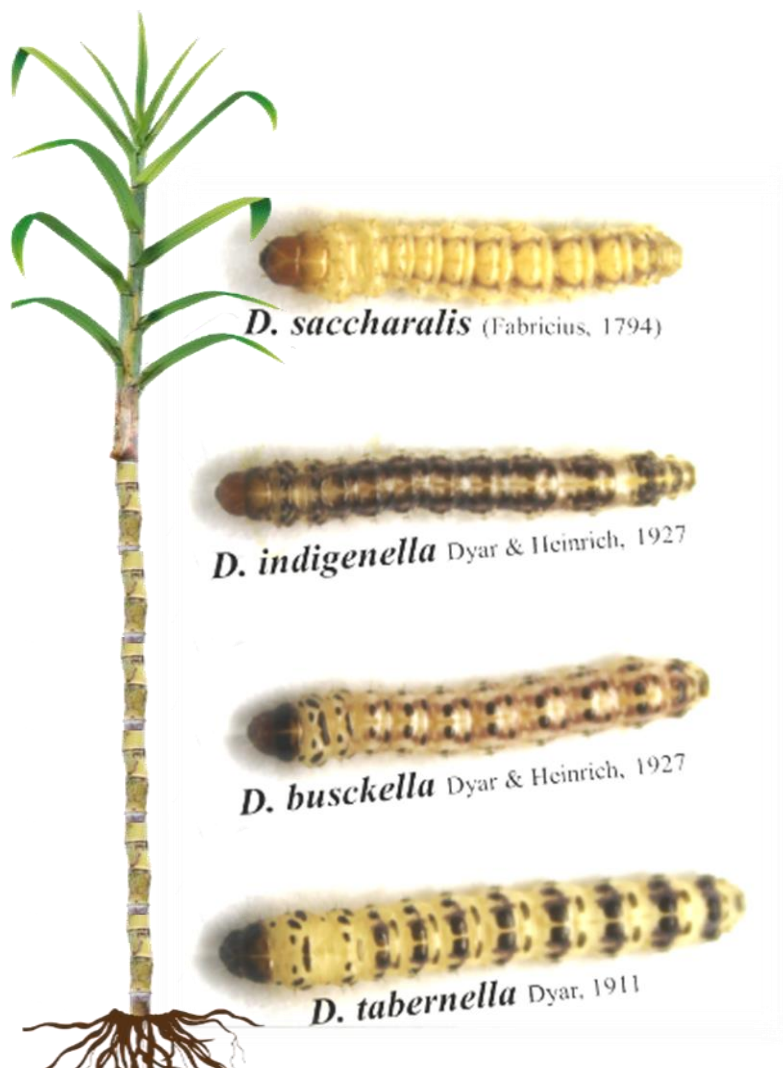
**Palmira, Colombia**

**2019**



***Y si Roma no se construyó en un solo día...***

***¡Qué será de las plantas y los insectos  
que están antes que Roma!***





# **Agradecimientos**

**A mi hijo, Ismael porque “Dios ha escuchado” para que acompañes mi camino. Por tu amor, por tu alegría, por tus preguntas, por tu curiosidad, por mantener en mí el deseo de describir y descubrir cada vez más la esencia de la vida. Por acompañarme a clases y levantarte temprano conmigo aun cuando no fuera día de colegio.**

**También quiero reconocer de manera puntual el aporte desinteresado de personas e instituciones. Agradezco de manera muy especial a mis padres, hermanas, hermano, mis tías maternas y mi abuela materna por su incondicional e indeclinable apoyo y cariño, sobre todo a mi tía Martha, a mi tía-madre Stella y a mi hermana-prima Aleja porque han sido como mi familia en los momentos donde más he necesitado de alguien. Por cuidar de Ismael tanto o más que yo.**

**A Nelly Domínguez, Diana Arboleda y Andrea Chavarro por cuidar de mi hijo mientras yo no podía estar con él. ¡Cuánta envidia tengo de no poder tener un poco del tiempo, que ustedes han podido acompañarlo mientras estudiaba o hacía observaciones de mí trabajo!, mil gracias no tendré nunca como pagarles el llenar o intentar llenar el vacío que dejaba.**

**Muchísimas gracias a Héctor Chica por su gran cariño, por el tiempo y esfuerzo empleado para la realización de todos los análisis estadísticos de este trabajo, por sus palabras y críticas constantes que no solo han ayudado a este trabajo sino a enriquecerme a nivel personal.**

**Al Dr. Fredy Salazar y a Xiomara les agradezco por darme consejos en los momentos en los cuales necesitaba más fuerzas para continuar, por la**

**paciencia en las clases y el tiempo que me ha dedicado a resolver inquietudes, por hacer más llevadero mi situación al estar con Ismael en clase y demostrarme que se puede lograr las cosas, si no se desfallece de la lucha. Los admiro como personas y como familia. Los llevo en mi corazón, les estoy eternamente agradecida.**

**Gracias a Yuly Sarria y Jennifer Roa por impulsarme a que me arriesgara a explorar esta gran aventura en el camino del conocimiento. A Jorge Luis Narváez por acompañarme desde el primer momento que tomé la decisión de iniciar mis estudios de maestría, por su amistad, por los apodos y constantes chanzas, por el apoyo y colaboración en algunas bibliografías e información importante para realizar este trabajo. A Juan Diego Duque por apoyarme en el inicio de mi maestría a expandir mi mentalidad al romper preconcepciones impuestas. A Wilman Barbosa porque su amistad y fomentar en mi mucho más la disciplina y la constancia en los entrenamientos acuáticos que permitieron y ayudaron a alivianar el estrés y los momentos de tensión.**

**Le agradezco al Dr. Germán Vargas (Cenicaña – líder del área de Entomología) por la confianza dada durante todo este tiempo para la realización de este trabajo, gracias por valorar mi esfuerzo y gestionar en Cenicaña un apoyo económico para la realización de mi maestría. Por su tiempo empleado en leer este manuscrito, por sus comentarios, sugerencias y críticas que han permitido no solo mejorar el trabajo experimental sino formarme a nivel personal y profesional. Gracias por permitirme divulgar este conocimiento en congresos y publicaciones científicas, me llevo una gran satisfacción en generar aportes a la resistencia varietal de *Diatraea* spp. en Colombia.**

**Al Dr. Mario García (Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira) por la preocupación y el interés en el trabajo. Por sus revisiones al manuscrito, que fueron de gran utilidad para mejorar la información aquí presentada.**



A Gerson Ramírez no solo por ser mi compañero del área, sino por su amistad, por escucharme y darme fuerzas en los momentos en que he sentido más oscuridad y tristeza. Por ser el polo a tierra con su mirada cuando debo contener mis sentimientos y por ser leer mi mente cuando no tengo como desahogarme.

A Orlando Rojas, Luis Bolaños, Jhon Fredy Ruiz, Cristian Naranjo, Absalón Cabal, Luis Arboleda, Evelin Tucumi, Kevin Vergara, Nelson Tipaz, Edison Quiñonez, y Álvaro Urresti, que fuera de ser mis compañeros en el área, se han convertido en parte de mi familia, gracias por no solo apoyar el mantenimiento de las plantas y las colonias de insectos y las evaluaciones de campo y laboratorio, sino por permitir que esta experiencia se convierta en un constante intercambio de conocimientos y confianza.

Al Dr. Luis Gómez, Luz Adriana Lastra, Isabel Cristina Naranjo y Ulises Castro porque sus escritos y desarrollos previos me permitieron construir esta metodología que busca enriquecer y conocer resistencia varietal a *Diatraea* spp. en Colombia. De igual manera quiero agradecer a los autores de toda la bibliografía consultada; ya que su dedicación y horas de trabajo no han sido en vano, y me han servido de base para darle justificación y soporte a la información aquí presentada.

A todos los mejoradores(as) y personas vinculadas al área de mejoramiento de Cenicaña, principalmente en la actualidad al Dr. Fredy Salazar, Dr. Carlos Viveros, Dr. Luis Orlando López, Ximena Granobles, Miguel Cagüeñas, Hernán Flórez y los Ingenios que tienen pruebas regionales; ya que gracias a la siembra y mantenimiento que se tiene de éstas, es posible realizar evaluaciones de campo frente a *Diatraea* que permite seguir teniendo un conocimiento de base del comportamiento de las variedades de caña de azúcar generadas en Cenicaña.

**A Juan Carlos Ángel y Carlos Ariel Ángel por brindarme el material vegetal con el cual empecé a realizar los ensayos.**

**A la Dra. Isaura Rodríguez por los conocimientos brindados durante el tiempo en el cual estudié mi maestría, por permitir enriquecerme con las visitas al CIAT y a las personas que llevó a clase. Por el tiempo dedicado como jurado en leer este trabajo. Les agradezco por los comentarios, correcciones, sugerencias y críticas que han permitido mejorar este trabajo.**

**A los profesores de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira: Dr. Juan Carlos Vaca, Dr. Franco Alirio Vallejo, Dra. Nora Cristina Mesa, y nuevamente al Dr. Fredy Salazar, a la Dra. Isaura Rodríguez y al Dr. Mario García, les agradezco por fomentar en mí el interés de explorar diferentes áreas del conocimiento que me han permitido tener una visión más integral y me han enriquecido enormemente con un intercambio de múltiples conocimientos y experiencias.**

**Al Dr. Alvaro Amaya, Dr. Jorge Victoria y Dr. Freddy Garcés por permitirme adelantar mis estudios y valorar la importancia de este trabajo no solo para los ingenios sino para el conocimiento de las relaciones planta-insecto. Al director administrativo de Cenicaña, Sr. Einar Anderson, por facilitar y permitir la financiación parcial de mis estudios de maestría y la financiación total de este proyecto. También a Claudia Camargo, a Janeth Rocío y a todas las personas que han estado vinculadas al desarrollo de este trabajo o me han brindado un apoyo logístico para poder realizarlo, mil gracias.**

**A Jairo Chalarca (CIAT) por sus hermosas palabras de aliento y reconocimiento a mi trabajo. A Tito Bacca (Universidad del Tolima) porque sus visitas a Cenicaña con estudiantes no dejan apagar mi corazón y mi deseo para enseñar y compartir lo que sé con las demás personas y por**

supuesto por sus achiras que son como vitamina para mí porque simbolizan un trofeo y reconocimiento a mi esfuerzo por superarme día a día.

A Sandra Valencia (CIAT) por dedicar su tiempo a leer este documento, por sus observaciones y aportes para mejorar y enriquecer esta experiencia. Le agradezco especialmente por fortalecer la confianza en mí y ayudarme a fortalecerme como persona.

Quiero agradecer y señalar que esta lista es mucho más numerosa y abarca a innumerables personas, compañeros, amigos y familiares que de una o muchas formas han contribuido antes, durante y después de la realización de este trabajo como también el servirme de guía, fortaleza y perseverancia para encontrar mi camino; a ellos que no se encuentran con nombres y apellidos, les estoy sempiternamente en deuda; a ellos quiero que sepan que los llevo grabados en mi corazón que se eleva constantemente hacia el cielo, con ayuda de su fuerza amorosa y un par de alas blancas.

San Antonio de los Caballeros, Florida, Valle, agosto 9 de 2019



## Resumen

La mayor plaga de caña de azúcar en América la constituyen los barrenadores del tallo, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) y en Colombia los estudios de resistencia varietal solo contemplan hasta el momento, evaluaciones en campo sujetas a la dinámica, distribución y nivel poblacional del barrenador y no permiten caracterizar la resistencia o susceptibilidad de las variedades cuando diferentes especies coexisten en un área. En este trabajo se desarrolló una metodología para establecer la resistencia y/o susceptibilidad de diferentes variedades de caña frente a *Diatraea*. Se seleccionaron genotipos de caña de azúcar con daño contrastante (testigos) a *Diatraea* spp. bajo condiciones de campo, luego se evaluó bajo condiciones de casa de malla el efecto de estas variedades contrastantes (CC 93-3826, susceptible y CC 93-3895, resistente) sobre el desarrollo de biología de *D. saccharalis* evaluando la densidad y edad de las larvas y el sitio de infestación en la planta. Posteriormente, estos dos genotipos se evaluaron con *D. saccharalis*, *D. busckella*, *D. tabernella*, *D. indigenella*, indicando que la resistencia no dependió de la especie del barrenador por lo cual finalmente, se validó la metodología de caracterización de resistencia a *D. saccharalis* empleando variedades comerciales. Para caracterizar la resistencia o susceptibilidad de las variedades se puede utilizar *D. saccharalis* empleando en la comparación las variedades testigo y las variables de daño en la planta (porcentaje de entrenudos barrenados, perforaciones de entrada, perforaciones de salida), recuperación de individuos según sus estados de desarrollo (larvas, pupas y adultos) y la Relación de Resistencia Relativa (RRR4) que contempla el daño generado por

el insecto en cogollo, hojas y tallos, y la capacidad de la variedad para evitar su desarrollo de pupa y/o adulto.

Palabras clave: *D. saccharalis*, *D. indigenella*, *D. busckella*, *D. tabernella*, entrenudos barrenados, sobrevivencia, Resistencia Relativa.

## Abstract

The most important pest of sugarcane in America is represented by the sugarcane stem borers *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae), and in Colombia studies regarding host plant resistance only contemplate characterizations at the end of the plant breeding selection process in field trials subject to great level of variability, which additionally do not allow characterization in terms of the resistance or susceptibility when different species coexist in an area. In this work we developed a methodology to establish the resistance and/or susceptibility of different sugarcane varieties against the *Diatraea* borers, performing: selection of sugarcane genotypes (checks) with contrasting damage to *Diatraea* spp. using historical field information, tests under greenhouse conditions, contrasting varieties (CC 93-3826, susceptible and CC 93-3895, resistant) on the development of *D. saccharalis*, evaluation of larval density and age of larvae and infestation site in the plant, response of check cultivars with *D. saccharalis*, *D. indigenella*, *D. busckella* and *D. tabernella* indicate that the resistance of the varieties does not depend on the borer species for which finally the methodology of characterization of resistance to *D. saccharalis* was validated using commercial varieties. *D. saccharalis* can be used, using in the comparison the control varieties and the variables of damage in the plant (percentage of bored internodes, entrance perforations, exit holes), recovery of individuals

**according to their states of development (larvae, pupae and adults) and the Relative Resistance Relation (RRR4) that contemplates the damage generated by the insect in the bud, leaves and stems, and the capacity of the variety to avoid its development that it reaches pupa and adults.**

**Keywords:** *D. saccharalis*, *D. indigenella*, *D. busckella*, *D. tabernella*, bored internodes, survival, relative resistance

# Contenido

	<b>PÁG.</b>
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>XXI</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>XXVI</b>
<b>LISTA DE ANEXOS .....</b>	<b>30</b>
INTRODUCCIÓN .....	31
OBJETIVOS .....	35
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>35</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>35</b>
1.           CAPÍTULO 1. SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE CAÑA DE AZÚCAR CON DAÑO CONTRASTANTE A <i>DIATRAEA</i> SPP. (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) BAJO CONDICIONES DE CAMPO .....	37
1.1 <b>RESUMEN.....</b>	<b>37</b>
1.2 <b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>39</b>
1.3 <b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>43</b>
1.4 <b>RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
<b>1.4.1   <i>Caracterización de resistencia de las variedades</i> .....</b>	<b>48</b>
<b>1.4.2   <i>Calificación media de daño.</i> .....</b>	<b>49</b>



1.4.3	<i>Intensidad de infestación expresada como proporción de entrenudos barrenados.....</i>	<i>50</i>
1.5	DISCUSIÓN .....	55
1.5.1	<i>Caracterización de resistencia de las variedades .....</i>	<i>55</i>
1.5.2	<i>Calificación media de daño .....</i>	<i>58</i>
1.5.3	<i>Intensidad de infestación expresada como proporción de entrenudos barrenados.....</i>	<i>59</i>
1.5.4	<i>Varietades con resistencia contrastante a Diatraea .....</i>	<i>60</i>
2.	CAPÍTULO 2. EFECTO DE DOS VARIEDADES CONTRASTANTES DE CAÑA DE AZÚCAR SOBRE EL DESARROLLO DE BIOLOGÍA DE <i>D. SACCHARALIS</i> BAJO CONDICIONES DE CASA DE MALLA. ....	61
2.1	RESUMEN.....	61
2.2	INTRODUCCIÓN .....	63
2.3	MATERIALES Y MÉTODOS .....	68
2.3.1	<i>Material vegetal.....</i>	<i>68</i>
2.3.2	<i>Insectos .....</i>	<i>71</i>
2.3.3	<i>Infestación y disección de los tallos.....</i>	<i>72</i>
2.3.4	<i>Disección de tallos .....</i>	<i>75</i>
2.3.5	<i>Variables.....</i>	<i>76</i>
2.3.6	<i>Análisis estadístico .....</i>	<i>80</i>
2.4	RESULTADOS .....	80
2.4.1	<i>Daño en los tallos según la densidad de larvas .....</i>	<i>80</i>
2.4.2	<i>Biología del insecto según la densidad de larvas .....</i>	<i>82</i>
2.4.3	<i>Índices de resistencia en tallos según densidad de larvas .....</i>	<i>88</i>

2.4.4	<b><i>Daño con cuatro larvas infestadas</i></b> .....	<b>95</b>
2.4.5	<b><i>Biología del insecto con cuatro larvas infestadas</i></b> .....	<b>98</b>
2.4.6	<b><i>Índices de resistencia en tallos con cuatro larvas infestadas</i></b> ..	<b>100</b>
2.5	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>104</b>
2.5.1	<b><i>Establecimiento y desarrollo de larvas de D. saccharalis</i></b> .....	<b>107</b>
2.5.2	<b><i>Infestación de dos o cuatro larvas por tallo</i></b> .....	<b>108</b>
2.5.3	<b><i>Infestación de cuatro larvas de D. saccharalis por tallo</i></b> .....	<b>110</b>
3.	<b>CAPÍTULO 3. EFECTO DE DOS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR QUE EXPRESAN RESISTENCIA CONTRASTANTE AL ATAQUE DE D. BUSCKELLA, D. TABERNELLA, D. INDIGENELLA Y D. SACCHARALIS BAJO CONDICIONES DE CASA DE MALLA</b> .....	<b>114</b>
3.1	<b>RESUMEN</b> .....	<b>114</b>
3.2	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>117</b>
3.3	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>119</b>
3.3.1	<b><i>Material vegetal</i></b> .....	<b>119</b>
3.3.2	<b><i>Insectos</i></b> .....	<b>121</b>
3.3.3	<b><i>Infestación de los tallos</i></b> .....	<b>122</b>
3.3.4	<b><i>Disección de tallos</i></b> .....	<b>122</b>
3.3.5	<b><i>Variables</i></b> .....	<b>122</b>
3.3.6	<b><i>Análisis estadístico</i></b> .....	<b>124</b>
3.4	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>125</b>
3.4.1	<b><i>Proporción de entrenudos y posiciones barrenadas</i></b> .....	<b>125</b>
3.4.2	<b><i>Perforaciones de entrada y salida</i></b> .....	<b>126</b>
3.4.3	<b><i>Individuos recuperados</i></b> .....	<b>130</b>

3.4.4	<i>Tiempo de desarrollo de los barrenadores</i> .....	133
3.4.5	<i>Peso de larvas y pupas recuperadas</i> .....	133
3.4.6	<i>Sobrevivencia relativa</i> .....	134
3.4.7	<i>Relaciones de Resistencia</i> .....	135
3.5	DISCUSIÓN .....	138
3.5.1	<i>Proporción de entrenudos y posiciones barrenadas</i> .....	138
3.5.2	<i>Perforaciones de entrada y salida</i> .....	139
3.5.3	<i>Recuperación de individuos</i> .....	139
3.5.4	<i>Tiempo de desarrollo de los barrenadores</i> .....	141
3.5.5	<i>Peso de larvas y pupas recuperadas</i> .....	142
3.5.6	<i>Sobrevivencia relativa</i> .....	142
3.5.7	<i>Relación de resistencia</i> .....	143
4.	CAPÍTULO 4. VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN DE RESISTENCIA A <i>D. SACCHARALIS</i> EMPLEANDO VARIEDADES COMERCIALES .....	146
4.1	RESUMEN.....	146
4.2	INTRODUCCIÓN .....	149
4.3	MATERIALES Y MÉTODOS .....	152
4.3.1	<i>Material vegetal</i> .....	152
4.3.2	<i>Insectos</i> .....	153
4.3.3	<i>Infestación de tallos</i> .....	154
4.3.4	<i>Disección de tallos</i> .....	154
4.3.5	<i>Análisis estadístico</i> .....	155
4.3.6	<i>Categorización de variedades</i> .....	155

<b>4.4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>157</b>
<b>4.4.1</b>	<b><i>Daño en la planta por Diatraea .....</i></b>	<b>157</b>
<b>4.4.2</b>	<b><i>Desarrollo biológico de D. saccharalis.....</i></b>	<b>160</b>
<b>4.4.3</b>	<b><i>Relación planta-insecto .....</i></b>	<b>163</b>
<b>4.5</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>167</b>
<b>4.5.1</b>	<b><i>Daño en la planta por Diatraea .....</i></b>	<b>167</b>
<b>4.5.2</b>	<b><i>Desarrollo biológico de D. saccharalis.....</i></b>	<b>169</b>
<b>4.5.3</b>	<b><i>Relación planta-insecto .....</i></b>	<b>172</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>177</b>
<b>5.1</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>177</b>
<b>5.1.1</b>	<b><i>Conclusiones Capítulo 1.....</i></b>	<b>177</b>
<b>5.1.2</b>	<b><i>Conclusiones Capítulo 2.....</i></b>	<b>177</b>
<b>5.1.3</b>	<b><i>Conclusiones Capítulo 3.....</i></b>	<b>178</b>
<b>5.1.4</b>	<b><i>Conclusiones Capítulo 4.....</i></b>	<b>179</b>
<b>5.2</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>179</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>180</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>195</b>

# Lista de figuras

**PÁG.**

<b>FIGURA 1-1. UBICACIÓN DE LAS TRES LOCALIDADES EVALUADAS FRENTE AL DAÑO POR LOS BARRENADORES <i>DIATRAEA</i> SPP. EN LA PRUEBA REGIONAL DE LA SERIE 1993-1994. LOS COLORES INDICAN LAS CONDICIONES DE LAS ZONAS AGROECOLÓGICAS (CARBONELL <i>ET AL.</i> 2011.) SEGÚN GRUPO DE SUELO Y RÉGIMEN DE HUMEDAD. ...</b>	<b>45</b>
<b>FIGURA 1-2. CALIFICACIÓN MEDIA DE DAÑO SEGÚN ÍNDICE DE RESISTENCIA POR <i>DIATRAEA</i> SPP. PARA CADA UNA DE LAS VARIEDADES DE CAÑA EVALUADAS EN CADA LOCALIDAD Y CORTE. ....</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 1-3. INTENSIDAD DE INFESTACIÓN MEDIA CAUSADA POR <i>DIATRAEA</i> SPP. PARA CADA UNA DE LAS VARIEDADES DE CAÑA EVALUADAS EN CADA LOCALIDAD Y CORTE. ....</b>	<b>53</b>
<b>FIGURA 1-4. INTENSIDAD DE INFESTACIÓN MEDIA GENERADA POR <i>DIATRAEA</i> SPP. PARA CADA UNA DE LAS VARIEDADES DE CAÑA EVALUADAS EN CADA CORTE: A. PLANTILLA Y B. SOCA. ....</b>	<b>55</b>
<b>FIGURA 2-1. MANTENIMIENTO DEL MATERIAL VEGETAL. A. COLECTA DE MATERIAL EN CAMPO, SE DEBE VERIFICAR QUE LOS TALLOS NO PRESENTEN DAÑO POR <i>DIATRAEA</i> SPP., B. CORTE LONGITUDINAL DEL TALLO EN EL ENTRENUDO E+8, SEGÚN SISTEMA DE KUIJPER, C. PREPARACIÓN DE SUELO ARENA 4:1 PREVIAMENTE PASTEURIZADO D. PODA DE LAS HOJAS Y EL COGOLLO CON 15 CM DE LONGITUD, E. APLICACIÓN DE HORMONA (HORMONAGRO®) EN POLVO EN EL NUDO DEL ENTRENUDO E+7, F. SIEMBRA DE LOS TALLOS EN LOS RECIPIENTES PLÁSTICOS, G. RIEGO DE TALLOS CON</b>	

**100 ML DE AGUA CADA 4 DÍAS, H. RAÍCES EN LOS NUDOS DE LOS ENTRENUDOS E+7, E+6 Y EN OCASIONES E+5, I. PODA DE LALAS..... 70**

**FIGURA 2-2. MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA EVITAR EL ESCAPE DE LAS LARVAS DE *D.***

***SACCHARALIS* EN LOS TALLOS INFESTADOS O LA APARICIÓN DE DEPREDADORES. A. INSTALACIÓN DE RECIPIENTES CON AGUA EN LA BASE DE LA MESA, B. RECUADRO DOBLE FAZ DE CINTA ALREDEDOR DE LA JAULA, C. ENCERRAMIENTO DE LOS TALLOS EN JAULA CON ANJEO (SE RECOMIENDA MODIFICARLO A MALLA ANTI-TRIPS), D. CINTA DOBLE FAZ EN CADA UNO DE LOS RECIPIENTES PLÁSTICOS PARA EVITAR EL ESCAPE O INGRESO DE LARVAS EN LOS TALLOS INFESTADOS..... 71**

**FIGURA 2-3. MANTENIMIENTO DEL INSECTO BARRENADOR (*D. SACCHARALIS*). A.**

**SELECCIÓN DE POSTURAS OSCURAS A PUNTO DE EMERGER (7 DÍAS DE MADURACIÓN A  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$  Y HUMEDAD RELATIVA DE  $70\% \pm 4$ ), B. DESINFECCIÓN DE POSTURAS EN SULFATO DE COBRE (II) PENTAHIDRATADO AL 1,5%, C. EMERGENCIA DE LARVAS NEONATAS, D. INDIVIDUALIZACIÓN DE LARVA NEONATA EN MAÍZ, E. LARVAS DE 9 DÍAS ALIMENTADAS CON MAÍZ, PARA INFESTAR EN LOS TALLOS DE CAÑA DE AZÚCAR, F. PESAJE Y OBSERVACIÓN DE INSTAR DE UN GRUPO DE LARVAS (50 INDIVIDUOS) PARA DEJAR COMO CONTROL DE LA DISECCIÓN DE TALLOS, G. SEGUIMIENTO DE LA APARICIÓN DE PUPAS EN LAS LARVAS CONTROL (50 INDIVIDUOS) PARA ESTABLECER TIEMPO DE DISECCIÓN DE LOS TALLOS. .... 73**

**FIGURA 2-4. INFESTACIÓN Y DESPLAZAMIENTO DE LAS LARVAS DE *DIATRAEA* EN LOS**

**TALLOS DE CAÑA. A. INFESTACIÓN DE LAS LARVAS DE *D. SACCHARALIS* EN LA HOJA H+3, SEGÚN SISTEMA DE KUIJPER. B. DESPLAZAMIENTO INICIAL OBSERVADO EN LAS LARVAS, LAS CUALES FUERON INFESTADAS EN LA HOJA H+3 (MARCA ROJA) QUE**

CORRESPONDE A LA TERCERA HOJA NUMERADA HACIA ABAJO EMPEZANDO DESDE LA HOJA H+1 (MARCA AZUL), MÁS CONOCIDA COMO TVD (TOP VISIBLE DEWLAP). ... 75

**FIGURA 2-5. PERFORACIONES QUE REALIZA *DIATRAEA* EN EL TALLO. A. PERFORACIÓN DE ENTRADA DE LARVAS DE *D. SACCHARALIS* AL TALLO, B. PERFORACIÓN DE SALIDA DE ADULTOS DE *D. SACCHARALIS*..... 77**

**FIGURA 2-6. PORCENTAJE DE ENTRENUDOS BARRENADOS SEGÚN LAS VARIEDADES DE CAÑA (CC 93-3826 Y CC 93-3895) Y EL NÚMERO DE LARVAS INFESTADAS (DOS O CUATRO INDIVIDUOS DE NUEVE DÍAS DE EDAD) DE *D. SACCHARALIS*. ..... 81**

**FIGURA 2-7. LARVAS, PUPAS Y EXUVIAS DE ADULTOS DE *DIATRAEA SACCHARALIS* RECUPERADOS, PERFORACIONES DE ENTRADA Y SALIDA EN TALLOS DE LAS VARIEDADES CC 93-3826 Y CC 93-3895, INFESTADOS CON DOS O CUATRO LARVAS DE NUEVE DÍAS DE EDAD. .... 86**

**FIGURA 2-8. UBICACIÓN EN EL TALLO DE LAS PERFORACIONES DE ENTRADA Y SALIDA REALIZADAS POR *D. SACCHARALIS*; ASÍ COMO TAMBIÉN SUS ESTADOS DE DESARROLLO RECUPERADOS EN LOS 8 TALLOS DE LAS VARIEDADES CC 93-3826 (A) Y CC 93-3895 (B), INFESTADOS CON DOS O CUATRO LARVAS DE NUEVE DÍAS DE EDAD. LA EVALUACIÓN SE REALIZÓ 23 DÍAS DESPUÉS DE LA INFESTACIÓN (DDI) DE LAS LARVAS EN LOS TALLOS SEGÚN LAS POSICIONES DEL TALLO EN DICHO TIEMPO. LA FLECHA ROJA INDICA LA UBICACIÓN DONDE SE REALIZÓ LA INFESTACIÓN. .... 89**

**FIGURA 2-9. PORCENTAJE DE ENTRENUDOS BARRENADOS DE *DIATRAEA SACCHARALIS* EN LAS VARIEDADES CC 93-3826 Y CC 93-3895, INFESTADAS CON CUATRO LARVAS DE NUEVE DÍAS DE EDAD..... 96**

**FIGURA 2-10. RECUPERACIÓN DE INDIVIDUOS (LARVAS, PUPAS/ADULTOS) DE *DIATRAEA SACCHARALIS* EN LAS VARIEDADES CC 93-3826 Y CC 93-3895, INFESTADAS CON CUATRO LARVAS DE NUEVE DÍAS DE EDAD..... 98**

**FIGURA 3-1. PORCENTAJE DE ENTRENUDOS BARRENADOS SEGÚN LAS VARIEDADES DE CAÑA (CC 93-3826 Y CC 93-3895) INFESTADAS CON LAS CUATRO ESPECIES DE *DIATRAEA* (*D. SACCHARALIS*, *D. TABERNELLA*, *D. BUSCKELLA* Y *D. INDIGENELLA*). LA VARIABLE SE EVALUÓ COMO PROPORCIÓN, PERO PARA UNA MEJOR INTERPRETACIÓN SE EXPRESARON EN PORCENTAJE. LA EVALUACIÓN SE REALIZÓ PARA CADA ESPECIE DE *DIATRAEA* DONDE *D* (EDAD DE LOS INDIVIDUOS DESDE LA ECLOSIÓN DE LA LARVA) Y *DDI* (DÍAS TRANSCURRIDOS DESPUÉS DE LA INFESTACIÓN EN CAÑA). ..... 126**

**FIGURA 3-2. RECUPERACIÓN DE INDIVIDUOS (LARVAS Y PUPAS/ADULTOS) DE LAS CUATRO ESPECIES DE *DIATRAEA* (*D. SACCHARALIS*, *D. TABERNELLA*, *D. BUSCKELLA* Y *D. INDIGENELLA*) EN LAS VARIEDADES CC 93-3826 Y CC 93-3895. LA EVALUACIÓN SE REALIZÓ PARA CADA ESPECIE DE *DIATRAEA* DONDE *D* CORRESPONDE A LA EDAD DE LOS INDIVIDUOS DESDE LA ECLOSIÓN DE LA LARVA Y *DDI*, A LOS DÍAS TRANSCURRIDOS DESPUÉS DE LA INFESTACIÓN EN CAÑA. .... 130**

**FIGURA 4-1. PORCENTAJE DE ENTRENUDOS BARRENADOS POR TALLO EN LAS VARIEDADES DE CAÑA INFESTADAS CON *D. SACCHARALIS*. LAS BARRAS EN COLOR ROJO Y VERDE INDICAN RESPECTIVAMENTE EL TESTIGO SUSCEPTIBLE (CC 93-3826) Y RESISTENTE (CC 93-3895), LOS CUALES SE TIENEN EN CADA UNA DE LAS EVALUACIONES. .... 158**



---

<b>FIGURA 4-2. RECUPERACIÓN DE INDIVIDUOS (LARVAS Y/O PUPAS) POR TALLO EN LAS VARIETADES DE CAÑA INFESTADAS CON <i>D. SACCHARALIS</i>. EL TESTIGO SUSCEPTIBLE (CC 93-3826) Y RESISTENTE (CC 93-3895).....</b>	<b>160</b>
<b>FIGURA 4-3. RECUPERACIÓN DE LARVAS (A) Y PUPAS Y/O ADULTOS POR TALLO (B) EN LAS VARIETADES DE CAÑA INFESTADAS CON <i>D. SACCHARALIS</i>. LAS BARRAS EN COLOR ROJO Y VERDE INDICAN RESPECTIVAMENTE EL TESTIGO SUSCEPTIBLE (CC 93-3826) Y RESISTENTE (CC 93-3895).....</b>	<b>162</b>

## Lista de tablas

## PÁG.

<b>TABLA 1-1. ESCALA DE CALIFICACIÓN DEL DAÑO (INTENSIDAD DE INFESTACIÓN DE LA VARIEDAD, I.I. %) GENERADO POR LOS BARRENADORES <i>DIATRAEA</i> SPP. (ADAPTADO DE GÓMEZ Y VARGAS 2014).....</b>	<b>46</b>
<b>TABLA 1-2. FRECUENCIA DE LA CALIFICACIÓN DE DAÑO DE LAS VARIEDADES GENERADO POR <i>DIATRAEA</i> SPP. A LO LARGO DE CINCO EVALUACIONES (LOCALIDAD Y CORTE). .....</b>	<b>49</b>
<b>TABLA 1-3. PRUEBA DE SEPARACIÓN DE DUNN AL 95 % PARA LA CALIFICACIÓN MEDIA DE DAÑO POR <i>DIATRAEA</i> SPP., PARA CADA UNA DE LAS VARIEDADES DE CAÑA EVALUADAS EN CADA LOCALIDAD Y CORTE. ....</b>	<b>52</b>
<b>TABLA 2-1. PROPORCIÓN DE POSICIONES BARRENADAS, AGUJEROS DE ENTRADA Y AGUJEROS DE SALIDA EN LAS VARIEDADES DE CAÑA CC 93-3826 Y CC 93-3895 INFESTADAS CON DOS O CUATRO LARVAS DE <i>D. SACCHARALIS</i>.....</b>	<b>83</b>
<b>TABLA 2-2. RECUPERACIÓN DE INDIVIDUOS (LARVAS, PUPAS/ADULTOS) EN LAS VARIEDADES DE CAÑA CC 93-3826 Y CC 93-3895 INFESTADAS CON DOS O CUATRO LARVAS DE <i>D. SACCHARALIS</i> .....</b>	<b>85</b>
<b>TABLA 2-3. PESO PROMEDIO DE PUPAS EN LAS VARIEDADES DE CAÑA CC 93-3826 Y CC 93-3895 INFESTADAS CON DOS O CUATRO LARVAS DE <i>D. SACCHARALIS</i>.....</b>	<b>87</b>

<b>TABLA 2-4. SOBREVIVENCIA RELATIVA EN LAS VARIEDADES DE CAÑA CC 93-3826 Y CC 93-3895 INFESTADAS CON DOS O CUATRO LARVAS DE <i>D. SACCHARALIS</i>.....</b>	<b>91</b>
<b>TABLA 2-5. RELACIÓN PLANTA-INSECTO SEGÚN LA INFESTACIÓN DE DOS O CUATRO LARVAS DE <i>D. SACCHARALIS</i> EN LAS VARIEDADES DE CAÑA CC 93-3826 Y CC 93-3895.....</b>	<b>93</b>
<b>TABLA 2-6. PROPORCIÓN DE POSICIONES BARRENADAS, AGUJEROS DE ENTRADA Y AGUJEROS DE SALIDA EN LAS VARIEDADES DE CAÑA CC 93-3826 Y CC 93-3895 INFESTADAS CON SOLO CUATRO LARVAS DE <i>D. SACCHARALIS</i>.....</b>	<b>97</b>
<b>TABLA 2-7. RECUPERACIÓN DE INDIVIDUOS (LARVAS, PUPAS/ADULTOS) EN LAS VARIEDADES DE CAÑA CC 93-3826 Y CC 93-3895 INFESTADAS CON DOS O CUATRO LARVAS DE <i>D. SACCHARALIS</i>.....</b>	<b>98</b>
<b>TABLA 2-8. SOBREVIVENCIA RELATIVA EN LAS VARIEDADES DE CAÑA CC 93-3826 Y CC 93-3895 INFESTADAS CON CUATRO LARVAS DE <i>D. SACCHARALIS</i>.....</b>	<b>100</b>
<b>TABLA 2-9. RELACIÓN PLANTA-INSECTO SEGÚN LA INFESTACIÓN DE CUATRO LARVAS DE <i>D. SACCHARALIS</i> EN LAS VARIEDADES DE CAÑA CC 93-3826 Y CC 93-3895. ....</b>	<b>102</b>
<b>TABLA 3-1. EVALUACIONES REALIZADAS CON LAS CUATRO ESPECIES DE <i>DIATRAEA</i> (<i>D. SACCHARALIS</i>, <i>D. TABERNELLA</i>, <i>D. BUSCKELLA</i> Y <i>D. INDIGENELLA</i>) EN LAS VARIEDADES DE CAÑA CC 93-3826 Y CC 93-3895.....</b>	<b>120</b>
<b>TABLA 3-2. PESO DE LAS LARVAS INFESTADAS Y CONDICIONES AMBIENTALES EN LAS CUALES ESTUVIERON LAS CUATRO ESPECIES DE <i>DIATRAEA</i> (<i>D. SACCHARALIS</i>, <i>D. TABERNELLA</i>, <i>D. BUSCKELLA</i> Y <i>D. INDIGENELLA</i>) EN LAS VARIEDADES DE CAÑA (CC 93-3826 Y CC 93-3895).....</b>	<b>121</b>

<b>TABLA 3-3. PROPORCIÓN DE POSICIONES BARRENADAS, AGUJEROS DE ENTRADA Y AGUJEROS DE SALIDA EN LAS VARIEDADES DE CAÑA (CC 93-3826 Y CC 93-3895) INFESTADAS CADA UNA CON <i>DIATRAEA</i> (<i>D. SACCHARALIS</i>, <i>D. TABERNELLA</i>, <i>D. BUSCKELLA</i> Y <i>D. INDIGENELLA</i>).....</b>	<b>128</b>
<b>TABLA 3-4. RECUPERACIÓN DE INDIVIDUOS (LARVAS, PUPAS/ADULTOS) EN LAS VARIEDADES CC 93-3826 Y CC 93-3895 INFESTADAS CON ESPECIES DE <i>DIATRAEA</i> (<i>D. SACCHARALIS</i>, <i>D. TABERNELLA</i>, <i>D. BUSCKELLA</i> Y <i>D. INDIGENELLA</i>). .....</b>	<b>131</b>
<b>TABLA 3-5. PESO PROMEDIO DE LARVAS Y PUPAS RECUPERADOS EN LAS VARIEDADES CC 93-3826 Y CC 93-3895. INFESTADAS CON LAS ESPECIES DE <i>DIATRAEA</i> (<i>D. SACCHARALIS</i>, <i>D. TABERNELLA</i>, <i>D. BUSCKELLA</i> Y <i>D. INDIGENELLA</i>).....</b>	<b>134</b>
<b>TABLA 3-6. SOBREVIVENCIA RELATIVA EN LAS VARIEDADES DE CAÑA (CC 93-3826 Y CC 93-3895) INFESTADAS CON <i>DIATRAEA</i> (<i>D. SACCHARALIS</i>, <i>D. TABERNELLA</i>, <i>D. BUSCKELLA</i> Y <i>D. INDIGENELLA</i>).....</b>	<b>135</b>
<b>TABLA 3-7. RELACIÓN PLANTA-INSECTO SEGÚN LA INFESTACIÓN DE CADA UNA CON LAS CUATRO ESPECIES DE <i>DIATRAEA</i> (<i>D. SACCHARALIS</i>, <i>D. TABERNELLA</i>, <i>D. BUSCKELLA</i> Y <i>D. INDIGENELLA</i>) EN LAS VARIEDADES DE CAÑA CC 93-3826 Y CC 93-3895... </b>	<b>137</b>
<b>TABLA 4-1. CATEGORÍAS DE RESISTENCIA A <i>DIATRAEA</i> SEGÚN LA PRUEBA ESTADÍSTICA DE LA RELACIÓN DE RESISTENCIA RELATIVA RRR4 (PB + FP) DE TODOS LOS CULTIVARES CON RESPECTO A LOS TESTIGOS CC 93-3826 (SUSCEPTIBLE) Y CC 93-3895 (RESISTENTE) EN CADA SET DE EVALUACIÓN. ....</b>	<b>156</b>
<b>TABLA 4-2. PROPORCIÓN DE POSICIONES BARRENADAS, AGUJEROS DE ENTRADA Y DE SALIDA EN CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR INFESTADAS DE FORMA UNIFORME CON LARVAS DE <i>D. SACCHARALIS</i>.....</b>	<b>158</b>

---

<b>TABLA 4-3. PESO PROMEDIO DE LARVAS Y PUPAS RECUPERADAS Y ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN POTENCIAL DE HUEVOS DE UNA HEMBRA DE <i>DIATRAEA SACCHARALIS</i> EN CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR. ....</b>	<b>162</b>
<b>TABLA 4-4. RELACIÓN PLANTA INSECTO SEGÚN LA INFESTACIÓN DE <i>D. SACCHARALIS</i> EN CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR. ....</b>	<b>165</b>
<b>TABLA 4-5. CATEGORÍAS DE RESISTENCIA/SUSCEPTIBILIDAD DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA INFESTADAS UNIFORMEMENTE CON <i>D. SACCHARALIS</i>. ....</b>	<b>166</b>

---

## Lista de anexos

**PÁG.**

<b>ANEXO 1. VARIABLES PROPUESTAS PARA EVALUAR LA RESISTENCIA/SUSCEPTIBILIDAD A <i>DIATRAEA</i>, EN LAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR.....</b>	<b>195</b>
<b>ANEXO 2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, AGRONÓMICAS Y DAÑO EN CAMPO DE LAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR PROPUESTAS PARA EVALUAR LA RESISTENCIA/SUSCEPTIBILIDAD A <i>DIATRAEA</i>. LAS CARACTERÍSTICAS SON DE VICTORIA, J. I.; VIVEROS, C. A.; SALAZAR, F. A.; ÁNGEL, J. C.; BUSTILLO, A. E.; CASTRO, U. LÓPEZ, J.; MORENO (2013) Y LAS IMÁGENES DE ARTSCHWAGER (1940). .....</b>	<b>198</b>

- <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19411600174>
- Arvinth, S., Arun, S., Selvakesavan, R. K., Srikanth, J., Mukunthan, N., Ananda Kumar, P., ... Subramonian, N. (2010). Genetic transformation and pyramiding of aprotinin-expressing sugarcane with cry1Ab for shoot borer (*Chilo infuscatellus*) resistance. *Plant Cell Reports*, *29*(4), 383–395. <https://doi.org/10.1007/s00299-010-0829-5>
- Atencio, R., Goebel, F. R., & Guerra, A. (2018). Effect of silicon and nitrogen on *Diatraea tabernella* Dyar in sugarcane in Panama. *Sugar Tech*, *21*(1), 113–121. <https://doi.org/10.1007/s12355-018-0634-y>
- Atencio, R., Goebel, F. R., Pérez, J., Rodríguez, M., & Fernández, L. (2017). Yield loss in sugarcane due to *Diatraea tabernella* Dyar (Lepidoptera: Crambidae) in Panama. *Sugar Tech*, *19*(6), 579–583. <https://doi.org/10.1007/s12355-017-0518-6>
- Aya, V. M., Montoya, J., Echeverri-Rubiano, 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.
- Barrera, G. P., Villamizar, L. F., Espinel, C., Quintero, E. M., Belaich, M. N., Toloza, D. L., ... Vargas, G. (2017). Identification of *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) based on cytochrome oxidase II. *PLOS ONE*, *12*(9), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184053>
- Bessin, R. T., Moser, T. E., & Reagan, R. T. (1990). Integration of control tactics for management of the sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae) in Louisiana sugarcane. *Journal of Economic Entomology*, *83*(4), 1563–1569.
- Bessin, R. T., & Reagan, T. E. (1990). Fecundity of sugarcane borer (Lepidoptera : Pyralidae), as Affected by larval development on gramineous host plants. *Environmental Entomology*, *19*(3), 635–639.
- Bessin, R. T., Reagan, T. E., & Martin, F. A. (1990). A moth production index for evaluating sugarcane cultivars for resistance to the sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, *83*(1), 221–225.

<https://doi.org/10.1093/jee/83.1.221>

- Bessin, R. T., Stinner, R. E., & Reagan, A. E. (1991). Modeling the areawide impact of sugarcane varieties and predation on sugarcane borer (Lepidoptera : Pyralidae) populations in southern Louisiana. *Environmental Entomology*, 20(1), 252–257.
- Box, H. E. (1931). The Crambine genera *Diatraea* and *Xanthopherne* (Lep., Pyral.). *Bulletin of Entomological Research*, 22(1), 1–50.  
<https://doi.org/10.1017/S0007485300029709>
- Butt, B. A., & Cantu, E. (1962). *Sex determination of lepidopterous pupae*. (W. ARS. USDA, Ed.). Washington, Estados Unidos: United States Department of Agriculture.
- Cardona, C., Fory, P., Sotelo, G., Pabón, A., Diaz, G., Miles, J. W., ... Miles, J. W. (2004). Antibiosis and tolerance to five species of spittlebug (Homoptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp.: Implications for breeding for resistance. *Journal of Economic Entomology*, 97(2), 635–645. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-97.2.635>
- Cardona Mejía, C., & Rodríguez Torres, I. V. (2005). El biotipo B de *Bemisia tabaci*: Un riesgo para los programas de manejo de plagas en el Valle del Cauca. *Revista ASIAVA (Colombia)*, (70):5-9.
- Cassalett, C., & Ranjel, H. (1995). Mejoramiento genético. In *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 63–81). Cali: Centro de Investigación de la caña de azúcar (Cenicaña).
- Cenicaña. (2018a). ICA declara a *Diatraea* plaga de control oficial. *Carta Informativa*, (1), 1–20. Retrieved from [www.cenicana.org](http://www.cenicana.org)
- Cenicaña. (2018b). *Informe Anual 2017*. (Cenicaña, Ed.). Cali: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña).
- Cheavegatti-Gianotto, A., de Abreu, H. M. C., Arruda, P., Bernal Filho, J. C., Burnquist, W. L., Creste, S., ... César Ulian, E. (2011). Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): A reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil. *Tropical Plant Biology*, 4(1), 62–89. <https://doi.org/10.1007/s12042-011->



9068-3

- Chiang, H. C., Keaster, A. J., & Reed, G. L. (1968). Differences in ecological responses of three biotypes of *Ostrinia nubilalis* from the North Central United States. *Annals of the Entomological Society of America*, 61(1), 140–146.  
<https://doi.org/10.1093/aesa/61.1.140>
- Claridge, M. F., & Den, J. (1983). The biotype concept and its application to insect pests in agriculture. *Crop Protection* 2 (1) 85-95., 2(1), 85–95.
- Coburn, G. E., & Hensley, S. D. (1972). Differential survival of *Diatraea saccharalis* (F.) larvae on 2 varieties of sugarcane. *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists, 14th Congress*, 440–444.
- Cockfield, S. D. (1988). Relative availability of nitrogen in host plants of invertebrate herbivores: three possible nutritional and physiological definitions. *Oecologia*, 77, 91–94. <https://doi.org/10.1007/BF00380930>
- Dara, S. K. (2019). The new integrated pest management paradigm for the modern age. *Journal of Integrated Pest Management*, 10(1), 1–9.  
<https://doi.org/10.1093/jipm/pmz006>
- De A. Costa, S. I., Viveiros, A. J. de A., Barbosa, G. V. de S., Cruz, M. de M., & Dal Pogetto, M. H. F. do A. (2012). Comportamento de genótipos RB de cana de açúcar em relação ao ataque da broca *Diatraea* spp. (Lepidoptera, Crambidae), nas sete regiões canavieiras do Estado de Alagoas. *STAB*, 31(2), 35–39.
- De Macedo, C. L., Martins, E. S., De Macedo, L. L. P., Dos Santos, A. C., Praça, L. B., De Góis, L. A. B., & Monnerat, R. G. (2012). Seleção e caracterização de estirpes de *Bacillus thuringiensis* eficientes contra a *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(12), 1759–1765.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001200012>
- Dinardo-Miranda, L. L., dos Anjos, I. A., da Costa, V. P., & Fracasso, J. V. (2012). Resistance of sugarcane cultivars to *Diatraea saccharalis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(1), 1–7. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000100001>

- Dinardo-Miranda, L. L., Fracasso, J. V., dos Anjos, I. A., Garcia, J., & da Costa, V. P. (2012). Influência da infestação de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) sobre parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar. *Bragantia*, 71(3), 342–345. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052012005000030>
- Echeverri-Rubiano, C., Chica, H. A., & Vargas, G. A. (2017). Resistencia varietal al ataque por *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) en caña de azúcar. *Revista Colombiana de Entomología*, 43(2), 186–194. <https://doi.org/10.25100/socolen.v43i2.5942>
- Echeverri-Rubiano, C., Chica, H. A., & Vargas, G. A. (2018). Biología de las especies de *Diatraea* (Lepidoptera: Crambidae). In *Memorias 45 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología* (p. 135). Cali, Colombia: Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen). Retrieved from [http://www.socolen.org.co/images/stories/pdf/45\\_congreso.pdf](http://www.socolen.org.co/images/stories/pdf/45_congreso.pdf)
- Echeverri-Rubiano, C., Gómez, L. A., Castro, U., Chica, H. A., & Vargas, G. (2018). Variedades de Caña de Azúcar y Resistencia a los Barrenadores de Tallo *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae). In *XI Congreso Atalac-Tecnicaña 2018* (pp. 138–147).
- Fedepanela. (2016). *Informe de gestión 2013-2015*. Fedepanela. Bogotá, Colombia: Fedepanela. Retrieved from <https://www.icbf.gov.co/gestion-transparencia/transparencia/control/informes-gestion>
- Fei, M., Gols, R., Zhu, F., & Harvey, J. A. (2016). Plant quantity affects development and survival of a gregarious insect herbivore and its endoparasitoid wasp. *PLoS ONE*, 11(3), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149539>
- Fuchs, T. W., & Harding, J. A. (1978). Ovipositional patterns, egg parasitism, and spring emergence of the sugarcane borer *Diatraea saccharalis*. *Environmental Entomology*, 7, 601–604.
- Gómez, L. A., & Vargas, G. (2014). *Los barrenadores de la caña de azúcar, Diatraea spp. en el Valle del Río Cauca: investigación participativa con énfasis en el control biológico*. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña).

- Cali, Colombia: Centro de Investigación de la caña de azúcar (Cenicaña).
- Hensley, S. D. (1971). Management of sugarcane borer populations in Louisiana: a decade of change. *Entomophaga*, *16*(1), 133–146.
- Hensley, S. D., & Long, W. H. (1969). Differential yield responses of commercial sugarcane varieties to sugarcane borer damage. *Journal of Economic Entomology*, *62*, 620–622.
- Holloway, T. E., Haley, W. E., & Loftin, U. C. (1928). *The sugar-cane moth borer in the United States. Technical Bulletin*. Washington: United States Department of Agriculture.
- ICA. (2017). *Medidas fitosanitarias en el cultivo de caña (Saccharum officinarum L.) en el territorio nacional para la vigilancia y control de las especies barrenadoras del tallo del género*. Bogotá, Colombia.
- Joyce, A. L., Sermeno Chicas, M., Serrano Cervantes, L., Paniagua, M., Scheffer, S. J., & Solis, M. A. (2016). Host-plant associated genetic divergence of two *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) stemborers on novel crop plants. *Ecology and Evolution*, *6*(23), 8632–8644. <https://doi.org/10.1002/ece3.2541>
- Keeping, M. G. (2006). Screening of South African sugarcane cultivars for resistance to the stalk borer, *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *African Entomology*, *14*(2), 277–288.
- Keeping, M. G., & Govender, N. (2002). Update on methodology used in screening for resistance to *Eldana saccharina* (Lepidoptera: Pyralidae) in potted sugarcane. *Proceedings of the South African Sugar Technologists Association*, *76*(November), 593–596.
- Kim, T. N. (2017). How plant neighborhood composition influences herbivory: Testing four mechanisms of associational resistance and susceptibility. *PLoS ONE*, *12*(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176499>
- Knutson, A. E., & Gilstrap, F. E. (1990). Life tables and population dynamics of the southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in Texas corn. *Environmental*

---

*Entomology*, 19(3), 684 – 696.

- Korowi, K. T., Samson, P. R., & Kuniata, L. S. (2013). Screening for borer resistance among sugarcane clones in Papua New Guinea, 2010–2012. *Proceedings Australian Society of Sugarcane Technologists*, 35, 1–9.
- Kuijper, K. (1915). De groei van bladschijf. Bladscheede en stengel van het suikerriet. *Archief Suikerindustrie in Nederl. Indie.*, 23, 528–556.
- Kyle, M. L., & Hensley, S. D. (1970). Sugarcane borer host plant resistance studies. *Proceedings of the Louisiana Academy of Sciences*, 33, 55–67.
- Lange, C. L., Scott, K. D., Graham, G. C., Sallam, M. N., & Allsopp, P. G. (2004). Sugarcane moth borers (Lepidoptera: Noctuidae and Pyraloidea): phylogenetics constructed using COII and 16S mitochondrial partial gene sequences. *Bulletin of Entomological Research*, 94, 457–464. <https://doi.org/10.1079/BER2004320>
- Lehman, E. L. (1998). *Nonparametrics: Statistical Methods Based on Ranks*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Leszczynski, B. (2013). Screening of crop germplasms for insect-pests. *Allelopathy Journal*, 31(1), 1–32.
- Leyton-Flor, 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), 177–186. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i2.7330>
- Martin, F. A., & Cochran, B. (1975). Sugarcane internode rind hardness. *Sugar y Azucar*, 30, 26–30.
- Martin, F. A., Richard, C. A., & Hensley, S. D. (1975). Host resistance *Diatraea saccharalis* (F.): relationship of sugarcane internode hardness to larval damage. *Environmental Entomology*, 4(5), 687–688.
- Mathes, R., & Charpentier, L. J. (1962). Some techniques and observations in studying the resistance of sugarcane varieties to the sugarcane borer in Louisiana. In *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, 14th

- Congress* (pp. 594–602).
- Maxwell, F. G., & Jennings, P. R. (1980). *Breeding plants resistant to insects*. New York: John Wiley & Sons, Wiley-Interscience Publications.
- Meagher, R. L., Irvine, J. E., Breene, R. G., Pfannenstiel, R. S., & Gallo-Meagher, M. (1996). Resistance mechanisms of sugarcane to mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, *89*(2), 536–543.
- Mihm, J. A. (1983a). *Efficient mass-rearing and infestation techniques to screen for host plant resistance to fall armyworm, Spodoptera frugiperda*. (C. I. de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT), Ed.). México: (CIMMYT), Centro Internacional de mejoramiento de maíz y trigo. Retrieved from <http://eprints.icrisat.ac.in/8721/>
- Mihm, J. A. (1983b). *Efficient mass-rearing and infestation techniques to screen for host plant resistance to maize stem borers, Diatraea sp.* (Centro Internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT), Ed.). El Batán, México: (CIMMYT), Centro Internacional de mejoramiento de maíz y trigo.
- Milligan, S. B., Balzarini, M., & White, W. H. (2003). Broad-sense heritabilities, genetic correlations, and selection indices for sugarcane borer resistance and their relation to yield loss. *Crop Science*, *43*(5), 1729–1735.  
<https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1729>
- Naranjo, I. C. (1998). *Técnicas para la evaluación de la resistencia de la caña de azúcar (Saccharum officinarum) al barrenador del tallo Diatraea spp.* Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Palmira, Colombia.
- Palacio-Cortés, A. M., Zarbin, P. H. G., Takiya, D. M., Bento, J. M. S., Guidolin, A. S., & Consoli, F. L. (2010). Geographic variation of sex pheromone and mitochondrial DNA in *Diatraea saccharalis* (Fab., 1794) (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Insect Physiology*, *56*, 1624–1630. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.06.005>
- Pastrana, C. E., Gómez, L. A., & Zuluaga, I. (1993). Ciclo de vida de *Diatraea indigenella* bajo varios regímenes alimenticios. *Revista Colombiana de Entomología*, *19*(3), 101–106.

- Plata, L., & Plata, L. (2001). Determinación de biotipos en tres poblaciones de pulgón verde colectados en tres localidades de importancia cerealera en Argentina, *104*(2), 85–92.
- Posey, F. R., White, W. H., Reay-Jones, F. P. F., Gravois, K., Salassi, M. E., Leonard, B. R., & Reagan, T. E. (2006). Sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) management threshold assessment on four sugarcane cultivars. *Journal of Economic Entomology*. <https://doi.org/10.1093/jee/99.3.966>
- Quintero, E. M., Barrera, G. P., Arévalo, E., Iglesias, P., Tarazona, G., Alarcón, J. J., & Vargas, G. (2017). Identificación de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) y sus parasitoides de larvas en Colombia. In Socolen (Ed.), *Resúmenes 44 Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología* (p. 373). Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen). [https://doi.org/10.1016/0378-3812\(91\)87017-4](https://doi.org/10.1016/0378-3812(91)87017-4)
- Rea, R., Figueredo, L., Sousa-vieira, O. De, Briceño, R., & Diaz, A. (2018). Genotype by environment interactions for damage caused by *Diatraea* spp . borers in sugarcane. *Acta Agronómica*, *67*(2), 355–361.
- Rea, R., Souza, O. De, & González, V. (1994). Caracterización de catorce variedades promisorias de caña de azúcar en Venezuela. *Caña de Azúcar*, *12*(1), 3–45.
- Reay-Jones, F. P. F., Showler, A. T., Reagan, T. E., Legendre, B. L., Way, M. O., & Moser, E. B. (2009). Integrated tactics for managing the mexican rice borer (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane. *Environmental Entomology*, *34*(6), 1558–1565. <https://doi.org/10.1603/0046-225x-34.6.1558>
- Reay-Jones, F. P. F., Way, M. O., Sétamou, M., Legendre, B. L., & Reagan, T. E. (2003). Resistance to the mexican rice borer (Lepidoptera : Crambidae) among Louisiana and Texas sugarcane cultivars. *Journal Economic Entomology*, *96*(6), 1929–1934.
- Reay-Jones, F. P. F., Wilson, L. T., Showler, A. T., Reagan, T. E., & Way, M. O. (2007). Role of oviposition preference in an invasive crambid impacting two graminaceous host crops. *Environmental Entomology*, *36*(4), 938–951.

- Ring, D. R., Browning, H. W., Johnson, K. J. R., Smith, J. W., & Gates, C. E. (1991). Age-specific susceptibility of sugarcane internodes to attack by the mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, *84*, 1001–1009.
- Rodríguez-Del-Bosque, L. A., Smith, J. W., & Browning, H. W. (1989). Development and life-fertility tables for *Diatraea lineolata* (Lepidoptera: Pyralidae) at constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, *82*(4), 450–459.
- Rossi, M. N. (2004). Evidences of non-additive effects of multiple parasitoids on *Diatraea saccharalis* Fabr. (Lep., Crambidae) populations in sugarcane fields in Brazil. *Journal of Applied Entomology*, *128*(2), 88–94.  
<https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2003.00808.x>
- Samson, P. (2009). *Review of moth-borer resistance screening and report on visit to SASRI*. Australia: Sugar Research Australia Ltd eLibrary. BSES Limited. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11079/1154>
- Samson, P. R., Korowi, K., & Sallam, N. (2017). Resistance of Australian sugarcane clones to moth and weevil borers in Papua New Guinea. *Crop Protection*, *96*, 14–21.
- Sandhu, H. S., & Cherry, R. H. (2018). Sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae), injury and survival in energy cane versus sugarcane. *Sugar Tech*, *20*(5), 558–565. <https://doi.org/10.1007/s12355-017-0577-8>
- Sanghera, G. S., & Kumar, A. (2018). A review on mechanisms, screening and engineering for pest resistance in sugarcane (*Saccharum* spp.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *(4)*, 187–194.
- Serrato, A., & Posada, F. J. (2005). Descripción, hábitos y enemigos naturales de *Diatraea indigenella* barrenador del limoncillo en la zona cafetera. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, *8*(1), 45–56.
- Showler, A. T., & Reagan, T. E. (2012). Ecology and tactics for control of three sugarcane stalk-boring species in the Western Hemisphere and Africa. In K. D. Goncalves, J. F.; Correia (Ed.), *Sugarcane: Production, Cultivation and Uses* (pp. 1–15. 366 p.).

Nueva York. Estados Unidos: Nova Science Publishers.

- Siegel, S., & Castellan, N. J. (2005). *Estadística no paramétrica*. México: Trillas.
- Smith, A. F. (2015). *Sugar: A global history*. (A. F. Smith, Ed.). China: Reaktion Books Ltd.
- Smith, C. M. (2005). *Plant Resistance to Arthropods. Plant Resistance to Arthropods: Molecular and Conventional Approaches*. <https://doi.org/10.1007/1-4020-3702-3>
- Solis, M. A., & Metz, M. A. (2016). An illustrated guide to the identification of the known species of *Diatraea* Guilding (Lepidoptera, Crambidae, Crambinae) based on genitalia. *ZooKeys*, 565, 73–121. <https://doi.org/10.3897/zookeys.565.6797>
- Sosa, O. (1988). Pubescence in sugarcane as a plant resistance character affecting oviposition and mobility by the sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 81, 661–667.
- Taneja, S. L., & Nwanze, K. F. (1990). Mass rearing of *Chilo* spp. on artificial diets and its use in resistance screening. *International Journal of Tropical Insect Science*, 11(415), 603–616. <https://doi.org/10.1017/S1742758400021172>
- Tarazona, G. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la caña panelera. Medidas para la temporada invernal*. ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), Línea Agrícola. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Tomaz, A. C., Coutinho, A. E., Soares, B. O., Peternelli, L. A., Pereira, E. J. G., & Barbosa, M. H. P. (2017). Assessing resistance of sugarcane varieties to sugarcane borer *Diatraea saccharalis* Fab. (Lepidoptera: Crambidae). *Bulletin of Entomological Research*, 108(4), 1–9. <https://doi.org/10.1017/S0007485317001183>
- Tucker, R. W. E. (1933). Varietal factors in cane which may influence extent of oviposition by *D. saccharalis* and a possible method for determining varietal susceptibility to borer attack. *Agricultural Journal of the Department of Science and Agriculture*, 2, 53–59.
- Valverde, L. A., Badilla, F., & Fuentes, G. (1991). Pérdidas de azúcar a nivel de fábrica causadas por *Diatraea tabernella* en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum*



- spp.) en la zona alta de San Carlos, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, *15*(1/2), 7–12.
- 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), 728–735. <https://doi.org/10.1653/024.098.0249>
- 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), 395–402. <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0555-6>
- Vargas, G., Lastra, L. A., & Solís, M. A. (2013). First record of *Diatraea tabernella* (Lepidoptera: Crambidae) in the Cauca river valley of Colombia. *Florida Entomologist*, *96*(3), 1198–1201. <https://doi.org/10.1653/024.096.0367>
- Vélez-Arango, A. M., Rafael Eduardo Arango, I., Diego Villanueva, M., Elizabeth Aguilera, G., & Clara Inés Saldamando, B. (2008). Identification of *Spodoptera frugiperda* biotypes (Lepidoptera: Noctuidae) through using mitochondrial and nuclear markers. *Identificación de Biotipos de Spodoptera Frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) Mediante Marcadores Mitocondriales y Nucleares*, *34*(2), 145–150. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-74549146375&partnerID=40&md5=8d3845cb2c9d4239d1e4e1d8a956938a>
- Victoria, J. I.; Viveros, C. A.; Salazar, F. A.; Ángel, J. C.; Bustillo, A. E.; Castro, U. López, J.; Moreno, C. A. (2013). *Catálogo de variedades de caña de azúcar* (Tercera ed). Cali, Colombia: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña).
- Vieira, G., Tomaz, A. C., Portela, B., Peternelli, L. A., & Pereira, M. H. (2017). Oviposition preference and larval performance of sugarcane borer in eight sugarcane genotypes. *Ciência e Agrotecnologia*, *41*(4), 439–446. <https://doi.org/10.1590/1413-70542017414004317>
- Weng, L. X., Deng, H. H., Xu, J. L., Li, Q., Zhang, Y. Q., Jiang, Z. De, ... Zhang, L. H. (2011). Transgenic sugarcane plants expressing high levels of modified cry1Ac provide

- effective control against stem borers in field trials. *Transgenic Research*, 20(4), 759–772. <https://doi.org/10.1007/s11248-010-9456-8>
- White, T. C. R. (1984). The abundance of invertebrates herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants. *Oecologia*, 63, 90–105. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3857681>
- White, W. H. (1993). Movement y establishment of sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae) larvae on resistant and susceptible sugarcane. *Florida Entomologist*, 76(3), 465–473.
- White, W. H., Hale, A. L., Veremis, J. C., Tew, T. L., & Richard, E. P. (2011). Registration of two sugarcane germplasm clones with antibiosis to the sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Plant Registrations*, 5(2), 248–253. <https://doi.org/10.3198/jpr2010.07.0429crg>
- White, W. H., & Hensley, S. D. (1987). Techniques to quantify the effect of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) on sugarcane quality. *Field Crops Research*, 15(3–4), 341–348. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(87\)90021-9](https://doi.org/10.1016/0378-4290(87)90021-9)
- White, W. H., Miller, J. D., Milligan, S. B., Burner, D. M., & Legendre, B. L. (2001). Inheritance of sugarcane borer resistance in sugarcane derived from two measures of insect damage. *Crop Science*, 41, 1706–1710. <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.1706>
- White, W. H., Richard, R. T., & Hale, A. L. (2013a). A sugarcane relative with potential as a source of resistance to the stem borer. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.*, 28, 825–967.
- White, W. H., Richard, R. T., & Hale, A. L. (2013b). *Erianthus*: A sugarcane relative with potencial as a source of resistance to the stem borer *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera Crambidae). *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, 28(1972), 825–834.
- White, W. H., Tew, T. L., & Richard, E. P. (2006). Association of sugarcane pith, rind hardness, and fiber with resistance to the sugarcane borer. *Journal of the*

- American Society of Sugar Cane Technologists*, 26, 87–100.
- White, W. H., Viator, R. P., Dufrene, E. O., Dalley, C. D., Richard, E. P., & L., T. T. (2008). Re-evaluation of sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) bioeconomics in Louisiana. *Crop Protection*, 27, 1256–1261.
- Wilson, B. E., Showler, A. T., Reagan, T. E., & Beuzelin, J. M. (2012). Improved chemical control for the mexican rice borer (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane: Larval exposure, a novel scouting method, and efficacy of a single aerial insecticide application. *Field and Forage Crops*, 105(6), 1998–2006.  
<https://doi.org/10.1603/EC11271>
- Wilson, B. E., Vanweelden, M. T., Beuzelin, J. M., Reagan, T. E., Way, M. O., White, W. H., ... Showler, A. T. (2015). A relative resistance ratio for evaluation of mexican rice borer (Lepidoptera: Crambidae) susceptibility among sugarcane cultivars. *Journal of Economic Entomology*, 108(3), 1363–1370.  
<https://doi.org/10.1093/jee/tov076>
- Zhou, M. M., Kimbeng, C. A., da Silva, J. A., & White, W. H. (2010). Cross-resistance between the mexican rice borer and the sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae): A case study using sugarcane breeding populations. *Crop Science*, 50(3), 861–869. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.07.0382>