



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS CÓRDOBA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

**SELECCIÓN VARIETAL DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) Y
RESPUESTAS A LA APLICACIÓN DE FOSFITO COMO
BIOESTIMULANTE**

JAZMIN LAVIN CASTAÑEDA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

AMATLÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MÉXICO

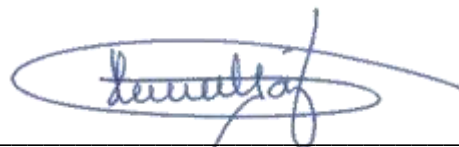
AGOSTO, 2020

La presente tesis titulada: “SELECCIÓN VARIETAL DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) Y RESPUESTAS A LA APLICACIÓN DE FOSFITO COMO BIOESTIMULANTE” realizada por la alumna: **Jazmin Lavin Castañeda**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

CONSEJO PARTICULAR



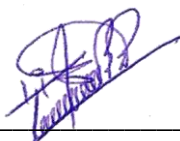
CONSEJERO:

DR. FERNANDO CARLOS GÓMEZ MERINO



ASESOR EXTERNO:

DRA. LIBIA IRIS TREJO TÉLLEZ



ASESOR INTERNO:

DR. JERICÓ JABÍN BELLO BELLO

Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. A 24 de julio de 2020

SELECCIÓN VARIETAL DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) Y RESPUESTAS A LA APLICACIÓN DE FOSFITO COMO BIOESTIMULANTE

Jazmin Lavin Castañeda, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2020

La caña de azúcar es un cultivo de gran importancia a nivel global, pues de ella deriva el 80% de la azúcar de mesa que se consume en el mundo, y además es fuente de fibra, biomasa y bioenergía. México es el sexto productor mundial de azúcar, cuya la producción se sustenta en tan solo cuatro variedades que ocupan el 70% de superficie sembrada, lo que hace vulnerable al sistema ante embates ambientales de naturaleza tanto biótica como abiótica, agravados por cambio climático. Por lo tanto se requiere generar nuevos materiales genéticos así como la implementación de alternativas que hagan más eficiente el sistema de producción de una perspectiva más sustentable, incluyendo el uso de productos bioestimulantes como el fosfito (Phi) que pueden aumentar los mecanismos de tolerancia a factores de estrés, y que a su vez pueden incrementar la calidad de los productos. En esta tesis de maestría en ciencias se analizaron 36 variedades de caña de azúcar en Fase Prueba de Adaptabilidad derivados del programa de selección que implementó en 2009 el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, siguiendo las metodologías descritas por el Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA) y la Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas (UPOV). En paralelo se establecieron dos experimentos independientes donde se implementaron herramientas para determinar el efecto de la aplicación foliar de Phi (80 mM) en dos variedades comerciales CP 72-2086 y Mex 69-290 probando aplicaciones foliares. Dentro del proceso de selección varietal sobresalieron 27 variedades que están siendo evaluadas en Fase de Evaluación Agroindustrial, algunas de ellas con rendimientos potencialmente superiores a los testigos regionales. Además, se encontró que el Phi no tuvo efectos significativos en las variables fisiológicas y nutrimentales, pero sí aumentó la concentración de sólidos solubles totales en el jugo de tallos molederos, lo cual es un atributo importante para la industria azucarera.

Palabras clave: Poaceae, mejoramiento genético, bioestimulación, hormesis.

VARIETAL SELECTION OF SUGARCANE (*Saccharum spp.*) AND RESPONSES TO THE APPLICATION OF PHOSPHITE AS A BIOSTIMULANT

Jazmin Lavin Castañeda, M. Sc.

Colegio de Postgraduados, 2020

Sugarcane is a crop of great importance globally, since 80% of the table sugar consumed in the world is derived from it, and it is a source of fiber, biomass and bioenergy. Mexico is the sixth world sugar producer, whose production is supported by only four varieties that occupy 70% of the planted area, which makes the system vulnerable to environmental stressors of both biotic and abiotic nature, aggravated by climate change. Therefore, it is required to generate new genetic materials as well as the implementation of alternatives that make the production system more efficient from a more sustainable perspective, including the use of biostimulant products such as phosphite (Phi) that can increase tolerance mechanisms to stress factors, which in turn can increase the quality of the products. In this master's in science thesis, 36 varieties of sugarcane were analyzed in the Adaptability Test Phase derived from the selection program implemented in 2009 by the College of Postgraduates in Agricultural Science Campus Córdoba, following the methodologies described by the Institute for the Improvement of the Production of Sugar (IMPA) and the International Union for the Protection of New Plant Varieties (UPOV). In parallel, two independent experiments were established to determine the effect of foliar application of Phi (80 mM) in two commercial varieties CP 72-2086 and Mex 69-290. Within the varietal selection process, 27 varieties stood out that are being evaluated in the Agroindustrial Evaluation Phase, some of them with yields potentially higher than the regional controls. Furthermore, it was found that the Phi did not have significant effects on the physiological and nutritional variables, but it did increase the concentration of total soluble solids in the juice of mature stalks, which is an important attribute for the sugar industry.

Keywords: Poaceae, plant breeding, biostimulation, hormesis.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado durante mis estudios de posgrado y que gracias a ello se logró este proyecto.

Al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, por su apoyo y asesoramiento en el transcurso de mis estudios y por brindarme un espacio para llevar a cabo mi desarrollo profesional y académico.

Al Dr. Fernando Carlos Gómez Merino por creer en mi proyecto, por las horas de trabajo constantes y asesoramiento que me dedicó para la mejora de este proyecto y motivarme para lograr esta meta a tiempo, a quien admiro mucho por ser una persona muy profesional, además de ser un excelente líder, muchas gracias por compartirme grandes conocimientos y consejos de vida personal.

A la Dra. Libia Iris Trejo Téllez por brindarme su apoyo y dedicarme tiempo en la mejora de esta investigación.

Al Dr. Jericó Jabín Bello Bello por las contribuciones de esta investigación.

Al Dr. Juan Valente Hidalgo Contreras por todo el apoyo brindado y asesoramiento en esta investigación, especialmente en el área de estadística.

A los profesores del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba que me transmitieron grandes aportaciones durante mi formación académica.

A mis compañeros del postgrado por las experiencias que compartimos dentro y fuera de la institución.

A los trabajadores de campo que sin duda alguna fueron muy valiosos para que se llevara a cabo esta investigación: Ing. Juan Carlos García, Sr Leonardo, Sr. Jesús Vázquez, Sr. Ignacio†, Sr. Abelardo, Sr. Gerardo y Sr Omar por compartirme algunos conocimientos y experiencias., personal que fueron piezas claves durante mi investigación.

A los estudiantes de Servicio Social Indavani, Carlos, Mauricio y Carla, que fueron parte de este camino, intercambiando muchas experiencias.

A Remedios y Azucena que siempre estuvieron disponibles desde el inicio y fin de esta estancia de dos años, como parte del área administrativa.

A la Sra. Julia por llevarme a un hogar donde quedarme para hacer realidad este proyecto y a Héctor, quien sin duda alguna estuvo en todo momento disponible para apoyarme en mi investigación de campo.

A la Sra. Judith, al Sr. Ramón, a Olga y a Ramoncito, que fueron personas muy valiosas durante mi estancia en el Campus Córdoba, y representaron la familia que me abrió las puertas de su hogar para hospedarme y facilitar mis estudios. Gracias por hacerme sentir parte de su familia.

A Fany, Galileo y Rocio por brindarme su amistad y apoyo durante este viaje.

Al colegio de Postgraduados Campus Córdoba por brindarme todas las facilidades en el área académica y de investigación, muchas gracias por permitir llevarme muchos conocimientos y experiencias que sin duda alguna, me llevo una gran satisfacción con todo lo vivido dentro de esta institución.

DEDICATORIA

En primer lugar estoy completamente agradecida a Dios por haberme permitido culminar esta etapa más de mi vida, darme salud para lograr mis objetivos, por su infinita bondad, amor y sabiduría para la realización de este estudio.

A mis padres Humberto Lavin Díaz y Alberta Castañeda Albarrán, por ser los pilares fundamentales de mi vida, a quienes admiro y quiero y por apoyarme en todo momento de mi existencia, por sus buenos consejos, por creer en mí, por enseñarme buenos valores como el estar unidos en familia y especialmente les estoy agradecida por hacer que se llevara a cabo en mí, un conocido proverbio chino que dice: “Regala un pescado a un hombre y le darás alimento para un día, enséñale a pescar y lo alimentarás para el resto de su vida”. Que sin duda alguna ningún sacrificio por más grande que sea, les terminaré de pagar todo lo que han hecho desde el momento en que me dieron la vida.

A mis hermanos Rosalba, Erasmo, Isaid, Reyna y Adrián que siempre me han apoyado en los momentos más difíciles y nunca me han dejado caer con sus palabras sabias, y que hemos vivido experiencias muy bonitas. Los quiero mucho.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. El mejoramiento genético de la caña de azúcar.....	1
1.2. Caracterización morfológica de la caña de azúcar	2
1.3. Fosfito como bioestimulante.....	2
1.4. Modo de acción del fosfito y los usos en la agricultura	3
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. OBJETIVOS	4
3.1. Objetivo general.....	4
3.2. Objetivos particulares	4
4. HIPÓTESIS	4
5. LITERATURA CITADA	5
CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN VARIETAL DE 36 HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR EN ETAPA AVANZADA DE SELECCIÓN	7
1.1 RESUMEN	7
1.2 INTRODUCCIÓN.....	8
1.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
1.3.1. Sitio experimental.....	10
1.3.2 Material biológico.....	11
1.3.3 Siembra y manejo del cultivo	12
1.3.4 Caracterización de las variedades en proceso de selección	14
1.3.5 Descriptores considerados	15
1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
1.5 LITERATURA CITADA	90
CAPÍTULO II. RESPUESTAS FISIOLÓGICAS, BIOQUÍMICAS Y NUTRIMENTALES DE LA CAÑA DE AZÚCAR A LA APLICACIÓN FOLIAR DE FOSFITO	93
2.1 RESUMEN	93

2.2 INTRODUCCIÓN.....	93
2.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	95
2.3.1 Material vegetal y ubicación del experimento.....	95
2.3.2 Características del suelo en las parcelas experimentales.....	95
2.3.3 Diseño de tratamientos y diseño experimental.....	96
2.3.4 Variables evaluadas.....	96
2.3.5 Análisis estadístico.....	97
2.4 RESULTADOS.....	97
2.4.1 Variables de crecimiento.....	97
2.5 DISCUSIÓN.....	110
2.6 CONCLUSIONES.....	111
2.7 LITERATURAS CITADA.....	111

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Variedades de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.) en fase de Prueba de Adaptabilidad usadas en este estudio en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.....	11
Cuadro 2. Resumen de algunas características sobresalientes de 36 variedades de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.) en fase de Prueba de Adaptabilidad usadas en este estudio en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.....	15
Cuadro 3. Características químicas y físicas del suelo en el sitio de estudio.....	95
Cuadro 4. Concentración foliar de macronutrientes en dos variedades de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.) en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados.....	108
Cuadro 5. Concentración foliar de micronutrientes en dos variedades de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.) en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-1 (Progenitores: CC 93-3817 x C 456-64). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....19

Figura 2. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-09 (Progenitores: HOCP 93-746 x CP 70-1527). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....21

Figura 3. Características botánicas de de la variedad COLPOSCCMEX 09-29 (Progenitores: LCP 81-10 x Gloria 57). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....23

Figura 4. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-50 (Progenitores: CP 52-68 x CP 70-1527). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....25

Figura 5. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-58 (Progenitores: CP 92-1401 x CP 80-1743). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f)

Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....27

Figura 6. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-62 (Progenitores: CP 92-1401 x CP 81-1384). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....29

Figura 7. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-66 (Progenitores: CP 92-1401 x CP 81-1384). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....31

Figura 8. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-75 (Progenitores: CP 92-1401 x CP 81-1384). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....33

Figura 9. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-79 (Progenitores: CP 92-1401 x CP 81-1384). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....35

Figura 10. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-93 (Progenitores: CP 81-10 x CP 70-133). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f)

Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....37

Figura 11. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-95 (Progenitores: CP 81-10 x CP 70-133). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....39

Figura 12. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-97 (Progenitores: Tue 72-9 x CP 80-1827). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....41

Figura 13. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-99 (Progenitores: Tue 72-9 x CP 80-1827). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color..... 43

Figura 14. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-125 (Progenitores: Tue 72-9 x CP 80-1827). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....45

Figura 15. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-132 (Progenitores: CC 93-3826 x CP 62-378). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f)

Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....47

Figura 16. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-136 (Progenitores: CC 93-3826 x CP 62-378). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....49

Figura 17. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-208 (Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....51

Figura 18. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-212 (Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....53

Figura 19. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-217 (Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....55

Figura 20. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-220 (Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f)

Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....57

Figura 21. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-221 (Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....59

Figura 22. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-222 (Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....61

Figura 23. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-223 (Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....63

Figura 24. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-245 (Progenitores: CP 88-1870 x CP 1161). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....65

Figura 25. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-253 (Progenitores: PR 61-632 x CP 80-1743). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f)

Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....67

Figura 26. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-254 (Progenitores: PR 61-632 x CP 80-1743). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....69

Figura 27. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-273 (Progenitores: PR 61-632 x CP 80-1743). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....71

Figura 28. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-289 (Progenitores: Mex 79-431 x CP 89-2377). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....73

Figura 29. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-290 (Progenitores: Mex 79-431 x CP 89-2377). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....75

Figura 30. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-304 (Progenitores: Mex 91-344 x LGM 92-156). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....77

Figura 31. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-311 (Progenitores: ITV 92-1424 x B 45-181). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....79

Figura 32. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-312 (Progenitores: ITV 92-1424 x B 45-181). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....81

Figura 33. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-321 (Progenitores: ITV 92-1424 x B 45-181). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....83

Figura 34. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-333 (Progenitores: ITV 92-1424 x CP 81-1384). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....85

Figura 35. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-341 (Progenitores: CP 87-1490 X Mex 79-341). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....87

Figura 36. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-348 (Progenitores: CP 87-1490 X Mex 79-341). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.....89

Figura 37. Altura de tallos molederos en las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados en distintas fechas de muestreo. Medias \pm DE con letras distintas en cada evaluación de cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).....98

Figura 38. Diámetro de tallos molederos en plantas de las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) de caña de azúcar en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados en distintas fechas de muestreo. Medias \pm DE con letras distintas en cada evaluación de cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).....99

Figura 39. Largo de hoja de plantas de las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) de caña de azúcar en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados en distintas fechas de muestreo. Medias \pm DE con letras distintas en cada evaluación de cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).....100

Figura 40. Ancho de hoja de plantas de las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) de caña de azúcar en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados en distintas fechas de muestreo. Medias \pm DE con letras distintas en cada evaluación de cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).....101

Figura 41. Número de hojas por planta de las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) de caña de azúcar en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados en distintas fechas de muestreo. Medias \pm DE con letras distintas en cada evaluación de cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).....103

Figura 42. Número de tallos por planta de las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) de caña de azúcar en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados en distintas fechas de muestreo. Medias \pm DE con letras distintas en cada evaluación de cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).....104

Figura 43. Lecturas SPAD determinadas en hojas de plantas de caña de azúcar de las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados. Medias \pm DE con letras distintas en cada subfigura y cada evaluación son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$)..... 105

Figura 44. Sólidos solubles totales en tallos molederos en las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) en ciclo plantilla en fase de maduración, en respuesta a los tratamientos evaluados. Medias \pm DE con letras distintas en cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$)..... 106

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es actualmente el cultivo agroalimentario más productivo del mundo. Los países que lideran la producción de caña a nivel mundial son Brasil, que ocupa el primer lugar, seguido de La India, China, Tailandia, Pakistán, y México, éste último ocupando el sexto lugar (FOASTAT, 2018; CONADESUCA, 2018). De acuerdo al reporte de la ISO (2020), la producción mundial de azúcar ciclo 2019/2020 prevé una disminución de 2.1 millones de toneladas (mt), debido a que en La India, Tailandia y México los cultivos de caña de azúcar están siendo afectados por las condiciones meteorológicas adversas, presentadas desde 2018. De acuerdo a los estimados del ciclo 2019/2020, la producción de azúcar a nivel mundial sigue destacando como líder Brasil (20.6%), La India (16.1%), Unión Europea (9.8%), China (6.2%), Tailandia (5.0%), Rusia (4.7%), Estados Unidos (4.0%), Pakistán (3.2%), México (3.2%), Francia (2.7%) y el resto del mundo (24.5%) (CONADESUCA, 2020).

En México el sistema de producción de la caña de azúcar genera beneficios económicos directos en un millón de personas y en 2.2 millones de connacionales de manera indirecta. Sin embargo, el sistema de producción primaria enfrenta problemas serios agravados por efecto del cambio climático (Gómez-Merino *et al.*, 2014; Gómez-Merino *et al.*, 2017). Además, parte de la solución en la industria azucarera es la diversificación productiva, que permita que además de la producción de sacarosa, también se puedan producir etanol, xilitol, jarabe de fructosa, lignina, ceras, bagazo, cachaza (Castro-Nava *et al.*, 2010; Gómez-Merino *et al.*, 2017).

Debido a la capacidad de convertir la energía lumínica en carbohidratos y la habilidad para acumular sacarosa en sus tallos, la caña de azúcar es considerada como una de las plantas más interesantes para la producción agroalimentaria (Sentíes-Herrera y Gómez-Merino, 2014).

1.1. El mejoramiento genético de la caña de azúcar

Desde la década de 1970 y hasta 1990, el programa de mejoramiento genético de la caña de azúcar en México, para la obtención de nuevas variedades estuvo a cargo del Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA), el cual se ubicaba en las actuales instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, en Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. Tras la desaparición del IMPA en 1990, los trabajos fueron retomados por el Centro de Investigación y

Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA), ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México. El CIDCA cuenta con un banco de germoplasma, y el programa de mejoramiento genético está enfocado en la generación de variedades con características agronómicas, genéticas e industriales y que se han convertido en un pilar fundamental fortaleciendo la producción ante los embates ambientales por el cambio climático y para una mayor diversificación productiva (Sentíes-Herrera y Gómez-Merino 2014; Sentíes-Herrera *et al.*, 2016; Gómez-Merino y Sentíes-Herrera, 2015).

El Proceso de selección está constituido por las fases de Plántula, Surco, Cepa, Parcela, Multiplicación I, Prueba de adaptabilidad, Multiplicación II, Evaluación agroindustrial, Multiplicación III, Prueba Semicomercial y Semillero. Este proceso permite liberar de una a 10 variedades cada 14 a 16 años (Sentíes-Herrera *et al.*, 2017b).

En México, el número de variedades en campo a partir de 2012, se sustenta en tres genotipos: Mex 69-290, Mex 79-431 y CP 72-2086 que ocupan el 70% de superficie sembrada (Sentíes-Herrera y Gómez-Merino, 2014).

1.2. Caracterización morfológica de la caña de azúcar

Con fines de identificación varietal de caña de azúcar se toma en consideración características botánicas, agronómicas, industriales y de adaptación en función de su productividad (Sentíes-Herrera *et al.*, 2017b). Para la descripción de las variedades en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad, se debe de contar con un amplio conocimiento de caracteres botánicos que identifican y caracterizan a una variedad de otra (Gómez-Merino y Sentíes-Herrera, 2015). En las etapas del proceso de selección clonal de caña de azúcar se realiza la selección indirecta que puede aumentar su eficiencia en la medida que se precise mejor el conocimiento acerca de la naturaleza y la magnitud de las asociaciones existentes entre las características de interés y entre estas los indicadores de productividad (Viveros-Valens *et al.*, 2015).

1.3. Fosfito como bioestimulante

El fósforo (P) es un elemento esencial requerido por todos los seres vivos. Cuando se oxida completamente, forma la molécula de fosfato (Pi), y cuando no se oxida completamente un átomo de hidrógeno (H) ocupa el lugar del oxígeno (O) para formar la molécula conocida como fosfito

(Phi). El ion fosfito es fácilmente transportado en las plantas vía xilema y floema, por lo que se ha utilizado en aplicaciones foliar, a la raíz, inyección al tronco, a través de riego por goteo mezclado en la solución nutritiva (Rubilar y Balbontin, 2009; Yáñez-Juárez *et al.*, 2018).

1.4. Modo de acción del fosfito y los usos en la agricultura

Los mecanismos de acción del fosfito son complejos y aun no se conoce a detalle, tiene efectos directos por que se ha demostrado que el fosfito, es eficaz en la supresión de varias enfermedades causadas especialmente por los protozoarios, oomycetes (como *Phytophthora*, *Pythium*, *Plasmopara*, *Peronospora*, entre otros) así como también a hongos, bacterias y nematodos. (McDonald *et al.*, 2001; Lovatt y Mikkelsen, 2006). También se ha demostrado que el fosfito tiene efectos indirectos a través de la estimulación de defensa bioquímica y estructural de las plantas, ya que se ha demostrado su efectividad contra diferentes factores de estrés mejorando la calidad del cultivo (Jackson *et al.*, 2000; Gómez-Merino y Trejo-Téllez 2015; Yáñez-Juárez *et al.*, 2018). Se ha determinado que cuando el fosfito tiene efectos positivos o bioestimulante, el estatus de fósforo como fosfato in planta debe ser suficiente, dado que el sistema de absorción no discrimina entre aniones fosfito y aniones fosfato (McDonald *et al.*, 2001). El fosfito, en dosis adecuadas, puede estimular a la planta, lo que no sucede con fosfato (Gómez-Merino y Trejo-Téllez 2015). Sin embargo el empleo de fosfito en plantas superiores sigue siendo controversial, dado que también se han reportado efectos negativos o bien la ausencia de efectos de este anión en el crecimiento y desarrollo vegetal en algunas especies (Moor *et al.*, 2009).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El 70% de la producción de caña de azúcar en México está sustentada en solo tres variedades: CP 72-2086, Mex 69-290 y Mex 79-431 (Sentíes-Herrera *et al.*, 2017a). Uno de los problemas que enfrenta el cultivo de caña de azúcar es la falta de nuevas variedades que permitan ampliar la base genética. Por otra parte también es uno de los cultivos que está experimentando retos del cambio climático ante condiciones adversas tanto bióticas como abióticas, lo que hace necesario la implementación de herramientas que hagan más eficiente el sistema de producción desde una perspectiva más sustentable y que a su vez incremente la calidad de los productos (Gómez-Merino *et al.*, 2014).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- 1) Caracterizar la morfología de variedades avanzadas, dentro del programa de mejoramiento genético de caña de azúcar que lleva el Campus Córdoba y determinar el efecto de la aplicación foliar del fosfito (Phi) como bioestimulante con potencial de mejorar la producción.

3.2. Objetivos particulares

- a) Describir la morfología de 36 variedades de caña de azúcar en Fase de Adaptabilidad dentro del programa de mejoramiento genético de este cultivo.
- b) Determinar el efecto de la aplicación foliar de fosfito (Phi) en variables fisiológicas y nutrimentales de la caña de azúcar como bioestimulante.

4. HIPÓTESIS

- a) Las 36 variedades de caña de azúcar en proceso de selección en el Campus Córdoba presentan características que pueden ser iguales o superiores a los testigos cultivados en la zona.
- b) El Phi ejerce un efecto bioestimulante en las plantas en caña de azúcar, mejorando la calidad del producto.

Con estos objetivos e hipótesis planteados, esta tesis de grado se desarrolla en dos capítulos que se describen en lo siguiente.

5. LITERATURA CITADA

- Castro-Nava S, López-Santillán JA, Briones-Encinia F. 2010. Retos y perspectivas de la caña de azúcar en Tamaulipas. *CienciaUAT* 4, 38-43.
- CONADESUCA. 2018. CAÑA DE AZÚCAR ESTADÍSTICAS INTERNACIONALES DE PRODUCCIÓN. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1048.pdf.
- CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2020. DIEPROC - Reportes de Avance de Producción. Ciclo Azucarero 2019/2020. Reporte 38. 18 de julio 2020.
- ISO (International Sugar Organization). 2020. World Sugar Balance-Febrero/2020. Para México: Balance Nacional Azucarero, estimado febrero/2020. (https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538683/Balance_Mundial_2020t1.pdf).
- FOASTAT. 2018. Estadísticas de producción de la caña de azúcar y remolacha azucarera. Consultado el 19 de julio 2020. Disponible: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Gómez-Merino FC, Senties-Herrera HE. 2015. Manual para la identificación varietal de caña de azúcar. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 39 p.
- Gómez-Merino FC, Trejo-Téllez LI, Morales-Ramos V, Salazar-Ortiz J, Velasco-Velasco J, Senties-Herrera HE, Ladewig P. 2014. Necesidades de innovación en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad* 7, 22-26.
- Gómez-Merino FC, Trejo-Téllez LI, Salazar-Ortiz J, Pérez-Sato JA, Senties-Herrera HE, Bello-Bello JJ, Aguilar-Rivera N. 2017. La diversificación de la agroindustria azucarera como estrategia para México. *Agroproductividad* 10, 7-12.
- Lovatt CJ, Mikkelsen RL. 2006. Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do? *Better Crops* 90, 11-13.
- McDonald AE, Niere JO, Plaxton WC. 2001. Phosphite disrupts the acclimation of *Saccharomyces cerevisiae* to phosphate starvation. *Canadian Journal of Microbiology* 47, 969-978.

- Moor U, Poldma P, Tonutare T, Karp K, Starast M, Vool E. 2009. Effect of phosphate fertilization on growth, yield and fruit composition of strawberries. *Scientia Horticulturae* 119, 264-269.
- Rubilar O, Balbontin L. 2009. Biorend-fosfito: su química y bioquímica. *Revista Bioagro* 1, 1-3.
- Sentíes-Herrera HE, Valdez-Balero A, Loyo-Joachin R, Gómez-Merino FC. 2017b. Fases experimentales en el mejoramiento genético de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en México. *Agroproductividad* 10, 93-98.
- Sentíes-Herrera HE, Gómez-Merino FC. 2014. Nuevas directrices en mejoramiento genético de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad* 7, 9-16.
- Sentíes-Herrera HE, Gómez-Merino FC, Loyo-Joachin R. 2016. El mejoramiento genético de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en México: Una historia de éxito con nuevos desafíos. *Agroproductividad* 9, 8-13.
- Sentíes-Herrera HE, Trejo-Téllez LI, Gómez-Merino FC. 2017a. The Mexican sugarcane production system: History, current status, and new trends. In: *Sugarcane: Production systems, uses and economic importance*, Nova Publishers, New York, pp. 39-71.
- Viveros-Valens CA, Baena-Garcia D, Salazar-Villareal F, López LO, Victoria JI. 2015. Traits of the sugar cane associated with tons of cane per hectare and sucrose (% cane). *Acta Agronómica* 64:268-272.
- Yáñez-Juárez MG, López-Orona CA, Ayala-Tafoya F, Partida-Ruvalcaba L, Velázquez-Alcaraz TDJ, Medina-López R. 2018. Los fosfitos como alternativa para el manejo de problemas fitopatológicos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 36, 79-94.

CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN VARIETAL DE 36 HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR EN ETAPA AVANZADA DE SELECCIÓN

1.1 RESUMEN

La caña de azúcar es un cultivo de gran importancia global, pues aporta cerca del 80% del azúcar que se consume en el mundo, además, es fuente de fibra y biocombustibles. México es el sexto productor mundial de azúcar, donde 70% de la producción de este cultivo se sustenta tan solo en cuatro variedades, lo que hace vulnerable al sistema ante embates ambientales de naturaleza tanto biótica como abiótica y requiere de la generación de nuevos materiales genéticos. Ante esta necesidad, en 2009, el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba inició con la implementación de un programa de selección de variedades partiendo de más de 6000 cruza biparentales y múltiples. En este capítulo se analizaron 36 híbridos en Fase Prueba de Adaptabilidad derivados de este programa de selección, con base en descriptores varietales reconocidos en el ámbito de la selección de variedades de caña de azúcar. La caracterización varietal de estas 36 variedades se basó en descriptores considerados por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV): hábito de crecimiento, entrenudo, forma del entrenudo, longitud de entrenudos, color de entrenudos, cera de entrenudos, canal de la yema, fisuras acorchadas en los entrenudos, grietas en la corteza de los tallos, espesor del anillo de crecimiento, banda de raíces de los entrenudos, posición de la yema en el nudo, forma de la yema, color de la yema, pubescencia de la yema, tamaño y tipo de la yema, color del nudo, anchura del ala de la yema, longitud de la hoja, anchura de la hoja, conformación de la lámina foliar, color de la lámina foliar, presencia de cera en la vaina de las hojas, pubescencia en la aurícula, pubescencia en la lámina, color de la vaina de las hojas, pubescencia en la vaina de las hojas, longitud de los pelos en la vaina de la hoja, forma de la aurícula de la vaina, tipo de lígula, anchura de la lígula, forma del collar, color del collar, adherencia de la vaina, copa conformada de la planta, tamaño de la vaina de la hoja, tamaño de la aurícula, tamaño de la copa, número de lalas, floración, número de chupones, pubescencia en el lámina de la hoja, pubescencia en el borde de la hoja, y despaje de la hoja. En la caracterización varietal de cada especie se encontró variación que permite diferenciar y reconocer las variedades así como tener una eficiencia en la producción a medida que se tenga el mejor conocimiento de cada híbrido.

Palabras clave: Poaceae, mejoramiento genético, selección, híbridos, variedades.

1.2 INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es uno de los cultivos más productivos en el mundo, debido a su alta capacidad fotosintética y de almacenamiento de sacarosa en el tallo (Moore *et al.*, 2014). Su cultivo cubre más de 26.2 millones de hectáreas en más de 130 países y territorios alrededor del mundo (Sentíes-Herrera *et al.* 2014; 2017a), con una producción de más de 1907 millones de toneladas de tallos molederos, y 174 millones de toneladas de azúcar para consumo humano e industrial (FAO, 2020). Además de su aporte a la producción de azúcar, este cultivo es fuente principal de insumos y materias primas para la producción de alcohol, ácido acético, butanol, papel, enzimas industriales, y bioetanol como biocombustible alternativo a la gasolina (Koizumi 2015; Rao *et al.* 2016; Gómez-Merino *et al.*, 2017; Aguilar-Rivera *et al.*, 2019).

En México la caña de azúcar se cultiva en 15 entidades federativas y 227 municipios, lo que genera cerca de 440 mil empleos directos y más de 2.2 millones de empleos indirectos. El valor total de la producción de esta agroindustria se estima en aproximadamente 80 mil millones de pesos al año y representa el 4.7% del Producto Interno Bruto (PIB) del sector primario. Sin embargo, el 70% de la producción nacional de azúcar se sustenta en solo cuatro variedades: CP 72-2086 (31.9%), Mex 69-290 (25.5%), Mex 79-431 (6.9%), e ITV 92-1424 (6.0%) (Sentíes-Herrera *et al.*, 2017a), lo que hace sumamente vulnerable a este sistema de producción dado el deterioro de los propios materiales (en su mayoría cercanos a los 50 años de haber sido seleccionados), y a la frecuencia y severidad de factores de estrés biótico y abiótico a consecuencia del cambio climático global, el deterioro de los recursos naturales y la contaminación del ambiente (WEF, 2020).

Ante esta situación, a partir de 2009 el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba inició la implementación de un novedoso programa de selección de variedades de caña de azúcar, con el apoyo y colaboración del Campus Tabasco, de ingenios de la región como El Potrero y Central Motzorongo, así como con el Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA). En sus fases iniciales, este programa contó con apoyo de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (PRONAC), y actualmente es apoyado con recursos del propio Campus Córdoba (Gómez-Merino *et al.*, 2014a). Las variedades que dispone el Campus Córdoba presentan diferencias fenotípicas que les permiten responder de manera diferencial al cultivo.

Es importante destacar que un programa de selección de variedades de caña de azúcar está conformado por diferentes etapas, en las que las características a evaluar aumentan conforme avanza la experimentación (Sentíes-Herrera *et al.*, 2016). A través de este proceso, la generación de una nueva variedad puede tomar más de 12 años. Para iniciar con el programa de selección primeramente, se tiene que dar la hibridación de diferentes materiales, fase que se lleva a cabo en la Estación de Hibridación ubicada en las instalaciones del CIDCA, en Tapachula, Chiapas. Posteriormente, es remitida la semilla botánica (Fuzz) a los diferentes Campos Experimentales Regionales (CER) donde se lleva a cabo la germinación de las semillas y la inoculación de éstas con el Virus de Mosaico de la Caña de Azúcar (VMCA). Los materiales que no presenten síntomas de la enfermedad, se establecerán en campo, ubicándolos en terrenos representativos de las diferentes zonas cañeras. En este punto, se da inicio a la selección y evaluación en sus diferentes fases (Plántula, Surco, Cepa, Parcela, Multiplicación I, Prueba de Adaptabilidad, Multiplicación II, Evaluación Agroindustrial, Multiplicación III, Prueba Semicomercial y Semillero) (Sentíes-Herrera *et al.*, 2017b). El mejoramiento genético de la caña de azúcar, es básicamente, para el desarrollo de variedades más productivas (contenido de sacarosa) y con mayor tolerancia al estrés hídrico, resistencia a plagas y enfermedades, y mejor adaptación a la cosecha mecánica. Se estima que de este cultivo se pueden obtener más de 250 productos, aunque únicamente cinco son aprovechados en la industria mexicana: azúcar, bagazo para cogeneración de energía, bagazo para la producción de papel, melaza y alcohol (Aguilar-Rivera, 2009; Gómez-Merino *et al.*, 2017). Además, existe el potencial de uso de la caña de azúcar como cultivo biotecnológico para generar biofábricas capaces de producir azúcares alternativos de alto valor, bioplásticos y proteínas farmacéuticas a través del uso de la ingeniería genética (Gómez-Merino *et al.*, 2014b). Para consolidar este programa, de 2010 a 2014 se hicieron varios análisis que permitieron dar una mejor orientación a este programa con un enfoque de innovación en un marco de sustentabilidad y responsabilidad social (Gómez-Merino *et al.*, 2014c).

En el caso del Campus Córdoba, el programa de selección de variedades de caña de azúcar dio inicio con una progenie de 40 cruzas realizadas en 2009 en el CIDCA, de las cuales 38 fueron biparentales y dos policruzamientos. En la fase inicial se germinó Fuzz (semilla híbrida), obteniendo una población de más de 6 mil híbridos. Estos híbridos fueron inoculados con el Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (VMCA), y se eliminaron todos los individuos que mostraran

síntomas de la enfermedad, lo que arrojó una población final en esta fase de 4422, partiendo de estos materiales se pudo establecer la Fase Plántula.

Durante el periodo de evaluación correspondiente a la Fase Plántula, se seleccionó por resistencia a mosaico (VMCA), carbón (*Sporisorium scitamineum*) y roya (*Puccinia* spp.) como enfermedades discriminatorias, considerando también grados brix, médula, oquedad, diámetro, altura y población, a los 12 meses después de la siembra. Las calificaciones de los híbridos se realizaron de acuerdo con los rangos establecidos en cada tipo de madurez de los testigos: temprana, CP 72-2086; intermedia, Mex 79-431; y tardía, Mex 69-290. En esta fase se seleccionaron 352 híbridos. En la Fase Surco los clones seleccionados (352) se identificaron con la siguiente nomenclatura que corresponde al centro de investigación donde fueron seleccionadas, el año del cruzamiento y el número de híbrido respectivamente, por ejemplo: COLPOSCCMEX 09-1, es decir, Colegio de Postgraduados Campus Córdoba México, generación 2009 e híbrido número uno. Estos híbridos fueron evaluados en ciclo plantilla y considerando las calificaciones de la Fase Plántula. En la Fase Surco se seleccionaron 57 variedades de caña de azúcar derivadas de las 352 establecidas en la Fase Surco. La evaluación de estos materiales se realizó en los ciclos plantilla y soca, mediante calificaciones fitosanitarias trimestrales y la calificación agronómica para la selección a la edad de 12 meses. A partir de estas 57 variedades se seleccionaron 36 para la Fase Prueba de Adaptabilidad, en los ciclos plantilla y soca, que son parte del objeto de estudio de esta tesis de maestría en ciencias. Es importante puntualizar que para este proceso se está siguiendo la metodología propuesta por el Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA, 1983) y descrita por Senties-Herrera *et al.* (2017b). De acuerdo a lo anterior y para cubrir las necesidades que demanda el sector, es necesario contar con una identificación fenotípica clara y precisa de los cultivares de caña de azúcar que identifican y caracterizan a una variedad de otra y así conocer el comportamiento de cada genotipo con características sobresalientes que permitirán ampliar la base genética de este cultivo.

1.3 MATERIALES Y MÉTODOS

1.3.1. Sitio experimental

La presente investigación se llevó a cabo en el campo experimental del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados, localizado en la Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348,

Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, a 18° 86' latitud norte y 96° 85' longitud oeste, a una altitud de 650 msnm.

1.3.2 Material biológico

En esta investigación se trabajó con 36 variedades de caña de azúcar en la Fase de Prueba de Adaptabilidad (**Cuadro 1.**), y tres diferentes variedades comerciales de caña de azúcar: CP 72-2086 (maduración temprana), Mex 79-431 (maduración intermedia) y Mex 69-290 (maduración tardía).

Cuadro 1. Variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en fase de Prueba de Adaptabilidad usadas en este estudio en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.

Cruza	Progenitores			Variedad (Nomenclatura COLPOS)
8	CC 93-3817	X	C 465-64	COLPOSCCMEX 09-01
166	HOCP 93-746	X	CP 70-1527	COLPOSCCMEX 09-09
222	LCP 81-10	X	Gloria 57	COLPOSCCMEX 09-29
255	CP 52-68	X	CP 70-1527	COLPOSCCMEX 09-50
256	CP 92-1401	X	CP 80-1743	COLPOSCCMEX 09-58
257	CP 92-1401	X	CP 81-1384	COLPOSCCMEX 09-62
257	CP 92-1401	X	CP 81-1384	COLPOSCCMEX 09-66
257	CP 92-1401	X	CP 81-1384	COLPOSCCMEX 09-75
257	CP 92-1401	X	CP 81-1384	COLPOSCCMEX 09-79
258	CP 81-10	X	CP 70-133	COLPOSCCMEX 09-93
258	CP 81-10	X	CP 70-133	COLPOSCCMEX 09-95
264	Tue 72-9	X	CP 80-1827	COLPOSCCMEX 09-97
264	Tue 72-9	X	CP 80-1827	COLPOSCCMEX 09-99
264	Tue 72-9	X	CP 80-1827	COLPOSCCMEX 09-125
294	CC 93-3826	X	CP 62-378	COLPOSCCMEX 09-132
294	CC 93-3826	X	CP 62-378	COLPOSCCMEX 09-136
CMI V	LTMex 92-52	X	¿?	COLPOSCCMEX 09-208
CMI V	LTMex 92-52	X	¿?	COLPOSCCMEX 09-212
CMI V	LTMex 92-52	X	¿?	COLPOSCCMEX 09-217
CMI V	LTMex 92-52	X	¿?	COLPOSCCMEX 09-220
CMI V	LTMex 92-52	X	¿?	COLPOSCCMEX 09-221
CMI V	LTMex 92-52	X	¿?	COLPOSCCMEX 09-222
CMI V	LTMex 92-52	X	¿?	COLPOSCCMEX 09-223
805	CP 88-1870	X	CP 1161	COLPOSCCMEX 09-245
774	PR 61-632	X	CP 80-1743	COLPOSCCMEX 09-253

774	PR 61-632	X	CP 80-1743	COLPOSCCMEX 09-254
774	PR 61-632	X	CP 80-1743	COLPOSCCMEX 09-273
707	Mex 79-431	X	CP 89-2377	COLPOSCCMEX 09-289
707	Mex 79-431	X	CP 89-2377	COLPOSCCMEX 09-290
603	Mex 91-344	X	LGM 92-156	COLPOSCCMEX 09-304
529	ITV 92-1424	X	B 45-181	COLPOSCCMEX 09-311
529	ITV 92-1424	X	B 45-181	COLPOSCCMEX 09-312
529	ITV 92-1424	X	B 45-181	COLPOSCCMEX 09-321
527	ITV 92-1424	X	CP 81-1384	COLPOSCCMEX 09-333
523	CP 87-1490	X	Mex 79-341	COLPOSCCMEX 09-341
523	CP 87-1490	X	Mex 79-341	COLPOSCCMEX 09-348
	CP 62-374	X	CP 63-588	CP 72-2086
	Co 421	X	Mex 57-473	Mex 79-431
	Mex 56-476	X	Mex 53-142	Mex 69-290

¿? Cruza multiparental con progenitor masculino no identificado

1.3.3 Siembra y manejo del cultivo

La siembra de las variedades fue manual, se realizó a cordón doble con esquejes de 50 cm de longitud aproximadamente, y con tres yemas en promedio. La distancia entre surcos fue de 1.20 m. La siembra se realizó en diciembre de 2016. Las etapas del manejo agronómico del cultivo hasta la etapa de maduración agroindustrial y cosecha fueron las siguientes:

Preparación del terreno

Con el fin de proporcionar un ambiente apropiado para la óptima germinación de la semilla y el buen desarrollo del cultivo.

- Limpieza primaria.- En esta actividad se realizó la destrucción e incorporación de los residuos al suelo pasando una rastra (John Deere Modelo MX 425 de tiro excéntrico, con 22 discos; 11 planos y 11 dentados de 24"), trabajando a una profundidad superior de 15-20 cm utilizando tractor (New Holland modelo TS 6020 4WD de 110 HP con una velocidad nominal del motor de 2200 rpm).
- Subsoleo.- Esta labor se realizó para fracturar el suelo a una profundidad de 50 cm aproximadamente, con el objetivo de destruir las capas compactadas, facilitando el movimiento del aire y agua; se realizó cruzado dos veces, el primero con respecto a la

dirección del surco y el segundo en forma cruzada con respecto a la primera dirección para fracturar el suelo. Este patrón se seleccionó por las condiciones del suelo (contenido de humedad y textura del suelo). En esta actividad se usó tractor (New Holland modelo TS 6020).

- Aradura.- Se realizó después del segundo pase del subsoleo, con el objetivo de fracturar y voltear el suelo a una profundidad aproximada de 30 a 40 cm, para favorecer la distribución de los agregados dejando el suelo pulverizado. Se utilizó el mismo tractor que en la limpieza con el implemento arado de discos (John Deere modelo 645).
- Rastreo.- Se realizó con la finalidad de destruir los terrones grandes restantes de la aradura, con el fin de garantizar de esta manera el buen contacto entre la semilla de caña y el suelo, esta labor es importante porque de ella depende la mejora en la germinación. Se utilizó tractor (New Holland modelo TS 6020) y rastra (John Deere Modelo MX 425 de tiro excéntrico, con 22 discos; 11 planos y 11 dentados de 24"). El patrón de operación que se realizó con la rastra fue de dos pasadas de la rastra, el primero en la dirección del surco propuesta y el segundo paralela a éste, a una profundidad de 10 a 14 cm aproximadamente por la dureza del suelo.
- Surcado.- Esta es la última labor de la preparación del suelo para la siembra. El trazado de los surcos se realizó en función del drenaje y la mecanización del cultivo con una distancia por surco de 1.20 m, con una profundidad de entre 10 y 15 cm, se usó el mismo tractor que en las actividades antes mencionadas.

Siembra y fertilización inicial

- Corte de la semilla.- Esta labor se realizó manualmente. Los tallos molederos se cortaron y se realizaron rollos de cada variedad con 15 tallos molederos.
- Alce y acarreo de la semilla.- La caña se alzó manualmente con apoyo de personal de campo y enseguida se transportó la semilla en una camioneta de carga de 2 toneladas para su posterior siembra, en el terreno previamente preparado.
- Distribución de la semilla en los surcos.- Se estableció un croquis para la distribución de las variedades en el terreno preparado la distancia entre surcos fue de 1.20 m y la distancia de separación por parcelas fue de 2 m.

- Sembrado.- Se realizó manual, primero se limpiaron los tallos molederos, quitando las hojas o vainas que protegían los tallos. Se realizó la siembra tradicional a cordón doble. Se aplicaron los reguladores del crecimiento SmarTrack® (1 kg en 200 L de agua) de FMC Agroquímica de México, y Ethrel® (240 i. a. L⁻¹) de Bayer de México, aplicado en drench. En seguida se aplicó el fertilizante DAP (fosfato diamónico, 18-46-00) distribuido por Yara México.
- Tapado.- Enseguida la semilla se cubrió con una capa de suelo de 4 a 8 cm, para la germinación.

Labores después de la siembra

- Aplicación de herbicida pre-emergente: 5 L ha⁻¹ de Diurón® (i. a. 3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetilurea, 80 g kg⁻¹).
- Segunda fertilización a los 3 meses después de la siembra, con 250 kg ha⁻¹ de triple 17.
- Limpieza manual al interior de las calles a los 3 meses después de la siembra, inmediatamente después de la fertilización.
- Control de malezas en orillas con Estelar (i. a. glifosato, 648 g L⁻¹), a razón de 6 L ha⁻¹.
- Tercera fertilización con urea a los 7 meses después de la siembra.
- Cosecha.

1.3.4 Caracterización de las variedades en proceso de selección

En las etapas iniciales del proceso de selección clonal en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) se realiza la selección indirecta para las variables toneladas de caña por hectárea (TCH) y porcentaje de sacarosa. Esta selección indirecta puede aumentar su eficiencia en la medida que se precise mejor el conocimiento acerca de la naturaleza y la magnitud de las asociaciones existentes entre las características de interés, entre éstas y los indicadores de productividad (Viveros-Valens *et al.*, 2015).

Para la caracterización de las 36 variedades en proceso de selección se utilizó la metodología descrita por la UPOV (2005) y Gómez-Merino y Sentíes-Herrera (2015), sumariadas por Sentíes-Herrera *et al.* (2017b).

1.3.5 Descriptores considerados

Los descriptores considerados para la caracterización varietal de caña de azúcar, fueron los siguientes:

Hábito de crecimiento, entrenudo, forma del entrenudo, longitud de entrenudos, color de entrenudos, cera de entrenudos, canal de la yema, fisuras acorchadas en los entrenudos, grietas en la corteza de los tallos, espesor del anillo de crecimiento, banda de raíces de los entrenudos, posición de la yema en el nudo, forma de la yema, color de la yema, pubescencia de la yema, tamaño y tipo de la yema, color del nudo, anchura del ala de la yema, longitud de la hoja, anchura de la hoja, conformación de la lámina foliar, color de la lámina foliar, cantidad de cera en la vaina de las hojas, pubescencia en la aurícula, pubescencia en la lámina, color de la vaina de la hojas, pubescencia en la vaina de las hojas, longitud de los pelos en la vaina de la hoja, forma de la aurícula de la vaina, tipo de lígula, anchura de la lígula, forma del collar, color del collar, adherencia de la vaina, copa conformada de la planta, tamaño de la vaina de la hoja, tamaño de la aurícula, tamaño de la copa, número de lalas, floración, número de chupones, pubescencia en el lámina de la hoja, pubescencia en el borde de la hoja y despaje de la hoja.

1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de las variedades en estudio se presenta en las siguientes páginas. A forma de resumen, en el (**Cuadro 2.**), se presentan algunas de las características sobresalientes que permiten discriminar estas variedades en estudio en el proceso de selección.

Cuadro 2. Resumen de algunas características sobresalientes de 36 variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en fase de Prueba de Adaptabilidad usadas en este estudio en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.

Variedad (Nomenclatura COLPOS)	Floración	Acame	Lalas	Chupones	Despaje	Pubescencia en hojas	Rendimiento estimado (t ha⁻¹)
COLPOSCCMEX 09-01	Presente	Ausente	Ausente	Abundantes	Excelente	Regular	112.65
COLPOSCCMEX 09-09	Ausente	Ausente	Ausente	Abundantes	Excelente	Escasa	64.00
COLPOSCCMEX 09-29	Presente	Presente	Ausente	Escasos	Excelente	Regular	119.41
COLPOSCCMEX 09-50	Presente	Ausente	Ausente	Abundantes	Excelente	Regular	105.56
COLPOSCCMEX 09-58	Ausente	Ausente	Presente	Abundantes	Excelente	Escasa	64.21
COLPOSCCMEX 09-62	Ausente	Presente	Presente	Abundantes	Excelente	Escasa	69.63
COLPOSCCMEX 09-66	Presente	Presente	Presente	Abundantes	Excelente	Regular	60.44
COLPOSCCMEX 09-75	Ausente	Ausente	Presente	Abundantes	Excelente	Escasa	40.71
COLPOSCCMEX 09-79	Ausente	Presente	Presente	Abundantes	Regular	Regular	68.32
COLPOSCCMEX 09-93	Presente	Ausente	Presente	Abundantes	Regular	Escasa	86.15
COLPOSCCMEX 09-95	Presente	Presente	Ausente	Escasos	Excelente	Escasa	48.97
COLPOSCCMEX 09-97	Presente	Ausente	Presente	Escasos	Difícil	Abundante	119.88
COLPOSCCMEX 09-99	Ausente	Ausente	Ausente	Abundantes	Excelente	Regular	140.26
COLPOSCCMEX 09-125	Presente	Ausente	Ausente	Abundantes	Excelente	Regular	88.85
COLPOSCCMEX 09-132	Ausente	Ausente	Presente	Abundantes	Excelente	Regular	82.66
COLPOSCCMEX 09-136	Presente	Presente	Presente	Abundantes	Excelente	Regular	106.21
COLPOSCCMEX 09-208	Ausente	Ausente	Ausente	Abundantes	Excelente	Abundante	51.80

COLPOSCCMEX 09-212	Ausente	Presente	Presente	Abundantes	Excelente	Abundante	61.00
COLPOSCCMEX 09-217	Ausente	Ausente	Ausente	Abundantes	Excelente	Abundante	118.00
COLPOSCCMEX 09-220	Presente	Presente	Presente	Escasos	Excelente	Abundante	95.76
COLPOSCCMEX 09-221	Presente	Presente	Presente	Escasos	Excelente	Abundante	117.25
COLPOSCCMEX 09-222	Presente	Ausente	Presente	Escasos	Excelente	Abundante	89.44
COLPOSCCMEX 09-223	Presente	Presente	Presente	Abundantes	Difícil	Regular	127.88
COLPOSCCMEX 09-245	Presente	Presente	Presente	Abundantes	Bueno	Escasa	73.50
COLPOSCCMEX 09-253	Ausente	Ausente	Presente	Abundantes	Bueno	Abundante	98.06
COLPOSCCMEX 09-254	Presente	Ausente	Presente	Abundantes	Regular	Regular	99.00
COLPOSCCMEX 09-273	Presente	Ausente	Presente	Escasos	Difícil	Regular	72.86
COLPOSCCMEX 09-289	Ausente	Presente	Presente	Escasos	Difícil	Abundante	164.52
COLPOSCCMEX 09-290	Ausente	Presente	Presente	Escasos	Excelente	Escasa	130.11
COLPOSCCMEX 09-304	Ausente	Ausente	Ausente	Abundantes	Regular	Regular	135.34
COLPOSCCMEX 09-311	Presente	Presente	Presente	Abundantes	Excelente	Regular	160.36
COLPOSCCMEX 09-312	Ausente	Presente	Presente	Abundantes	Excelente	Abundante	118.98
COLPOSCCMEX 09-321	Ausente	Ausente	Presente	Abundantes	Regular	Escasa	124.21
COLPOSCCMEX 09-333	Ausente	Ausente	Presente	Escasos	Excelente	Regular	101.67
COLPOSCCMEX 09-341	Presente	Ausente	Presente	Escasos	Excelente	Abundante	262.53
COLPOSCCMEX 09-348	Ausente	Ausente	Ausente	Escasos	Regular	Escasa	131.22

COLPOSCCMEX 09-1

Progenitores: CC 93-3817 x C 456-64

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce biparental 8 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 3.15 m de altura, son considerados medianos y con un hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos presentan un débil zigzag y una forma longitudinal abobinado, con una longitud mediana y diámetro grueso de 13.14 cm y 3.4 cm, respectivamente. Los entrenudos expuestos al sol tiene una tonalidad de morado-verdoso y los no expuestos al sol son verde-púrpura con abundante cera. El canal de la yema mide 13.4 cm, es ancho y poco profundo, puede o no abarcar toda la longitud del entrenudo, pero no es constante, ni presente en todos los entrenudos. El aspecto de la corteza es semirugoso y no presenta grietas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es mediano con 9.2 mm y 1.31 cm en el lado de la yema, de color morado-verdoso y la forma de banda de raíces es obcónica. La yema es redonda con poro central de color morado-verdoso con pubescencia regular en la parte lateral, basal y apical, la cual toca ligeramente el anillo de crecimiento en la mayoría de los nudos, aunque en algunos casos la yema sobrepasa el anillo. El tamaño de la yema es grande y de tipo abultada. La anchura del ala de la yema es de 2 mm. Las hojas presentan una longitud de la lámina foliar de 157.0 cm y una anchura de 6.1 cm, considerada como mediana. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido, con pubescencia en el borde pero no en la lámina. La vaina presenta abundante cera y es de color verde-morado, con pubescencia abundante, y los pelos de longitud mediana. El tamaño de la vaina es de 31 cm, considerada mediana. La aurícula es de tipo transitoria ascendente. La lígula es de forma creciente con un ancho mediano de 4.4 mm y largo de 4.16 cm; su adherencia de la vaina es débil, se despaja muy fácil. El collar presenta la forma rectangular color verde aceituna. La copa es de conformación abierta, el tamaño es grande (164 cm), algunas presentan espigas florecidas y hojas bandera. Presenta pocos chupones de agua, entre 3 y 4 brotes por cepa, por lo que se considera normal. No presenta lalas en el tercio superior. El despaje de la hoja es excelente ya que se cae sola (**Figura 1.**).



Figura 1. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-1 (Progenitores: CC 93-3817 x C 456-64). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-09
Progenitores: HOCP 93-746 x CP 70-1527

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 166 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.78 m de altura considerados como medianos y con un hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos presentan un débil zigzag y un aspecto longitudinal cilíndrico con una longitud larga y diámetro medio de 18.86 cm y 3.0 cm, respectivamente. Los entrenudos expuestos al sol tienen una tonalidad de morado-verdoso y los no expuestos al sol un matizado amarillo-verdoso con abundante cera brillante. El canal de la yema mide 8.4 cm de largo, apenas visible, con una profundidad muy ligera y no se presenta en todos los entrenudos. La corteza tiene un aspecto rugoso y presenta grietas profundas. El espesor del anillo de crecimiento es mediano con 8.28 mm y 1.1 cm en el lado de la yema, de color morado-verdoso y la forma de banda de raíces es cilíndrica. La yema es ovalada de color morado con pubescencia regular en la parte apical, la cual toca ligeramente el anillo de crecimiento. La yema es mediana y de tipo plana. La anchura del ala de la yema es de 2.1 mm. Las hojas son de 174 cm de largo y 5.0 cm de ancho, lo que la cataloga como angosta. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido, presenta pubescencia rala en el borde de la hoja y en la lámina. La vaina presenta abundante cera y es de color verde-morado matizado, con pubescencia regular, y pelos cortos. El tamaño de la vaina es mediano, de 36 cm. La aurícula es de tipo dental. La lígula es de forma de arco con un ancho mediano de 4.4 mm y largo 3.6 cm y la adherencia de la vaina es débil, se despaja muy fácil. El collar presenta la forma deltoide color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, el tamaño es grande de 182 cm, con el cogollo normal. Emite escasos chupones, un estimado de 5 por cepa, por lo que se considera regular. No presenta lalas. El despaje de la hoja es excelente ya que se cae sola (**Figura 2.**).

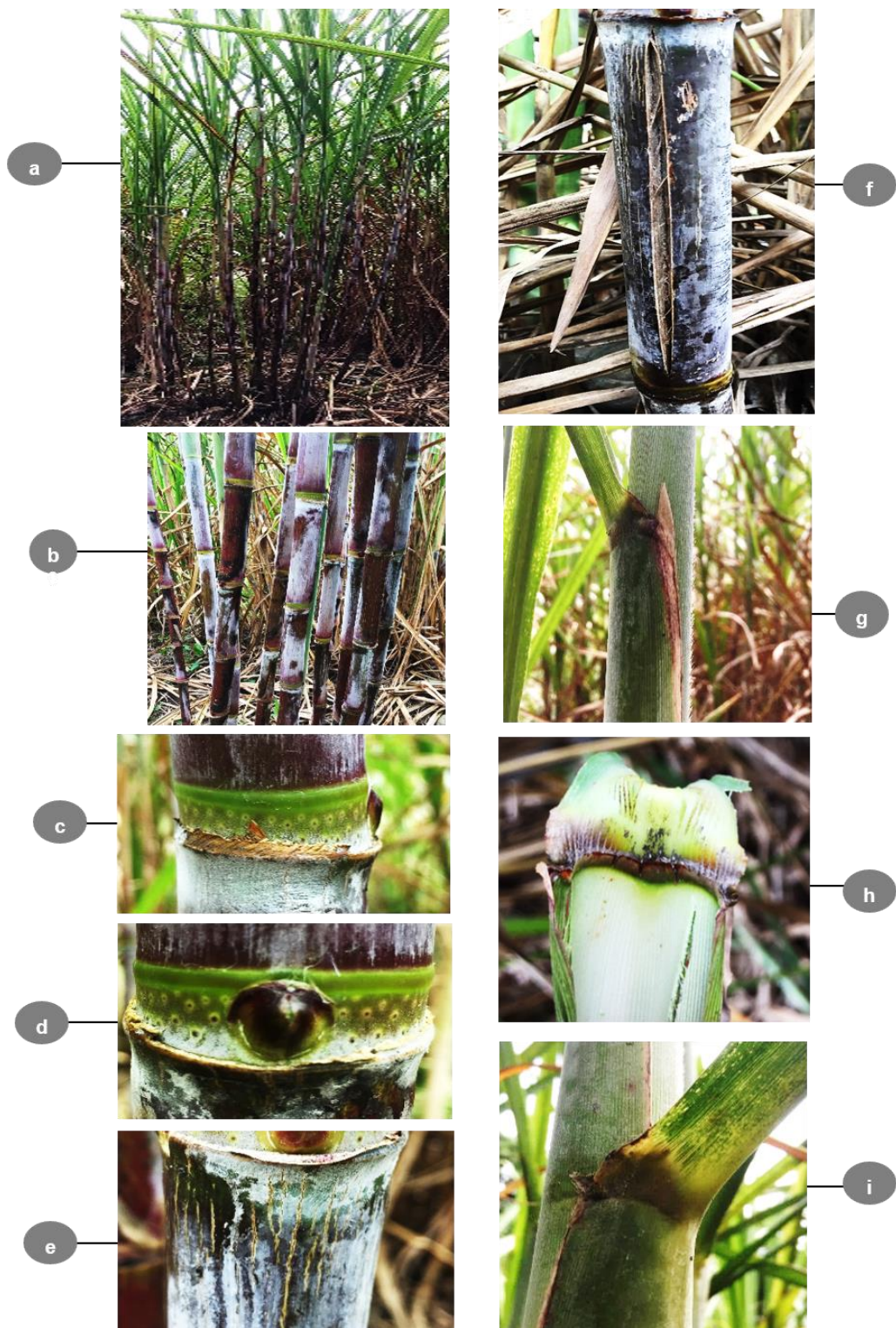


Figura 1. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-09 (Progenitores: HOCP 93-746 x CP 70-1527). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-29
Progenitores: LCP 81-10 x Gloria 57

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 222 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 3.61 m de altura considerados como largos. Muestran hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos presentan un débil zigzag y un aspecto longitudinal abobinado con 22.52 cm de largo y 3.27 cm de grosor de diámetro. Los entrenudos expuestos al sol tienen una tonalidad de verde matizado con morado y los no expuestos al sol muestran un matizado de amarillo-verdoso con abundante cera opaca. El canal de la yema mide 16.8 cm de largo, es poco profundo, con tendencia a desaparecer. La corteza tiene un aspecto semirugoso y presenta grietas ligeras poca profundas, pero largas. El espesor del anillo de crecimiento es mediano con 8.72 mm y 1.0 cm en el lado de la yema, de color verde con un poco de matiz a morado y la forma de banda de raíces es obcónica. La yema es ovalada de color matizado entre morado-verdoso, con pubescencia abundante en la parte apical y escasa en la parte lateral, la cual toca el anillo de crecimiento ligeramente. Es mediana y de tipo abultada, la anchura del ala de la yema es de 2.2 mm. Las hojas son largas, de 156 cm de longitud, y angostas, de 5.4 cm ancho. La copa muestra una conformación erecta, con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido, sin pubescencia ni en borde ni en lámina foliar. La vaina presenta abundante cera y es de color verde, con pubescencia abundante, y pelos de longitud corta. La vaina es larga, de 40.62 cm. La aurícula es de tipo lanceolada corta. La lígula es de forma creciente con 6.2 mm de ancho y largo 4.0 cm y la adherencia de la vaina es débil, con un despaje débil. El collar presenta la forma ligular color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, el tamaño es grande de 159.4 cm, con el cogollo en hoja de bandera y floración. Muestra hasta 6 chupones de agua por cepa por lo que se considera regular. No presenta lalas. El despaje de la hoja es excelente ya que se cae sola (**Figura 3.**).

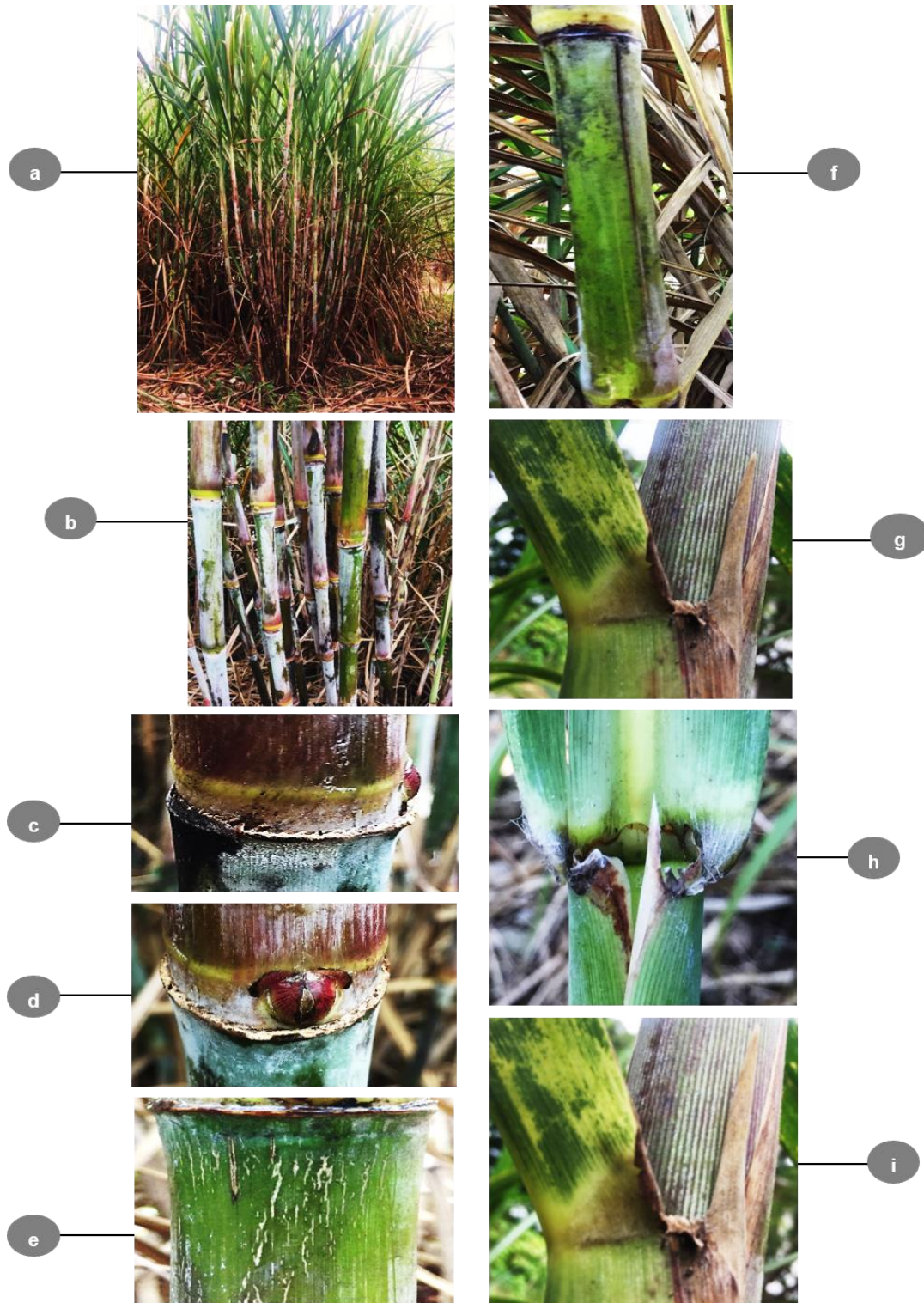


Figura 2. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-29 (Progenitores: LCP 81-10 x Gloria 57). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-50
Progenitores: CP 52-68 x CP 70-1527

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 255 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.94 m de altura considerados como medianos. Muestran un hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos presentan un débil zigzagado y un aspecto longitudinal conoidal con una longitud mediana de 12.95 cm y un diámetro grueso de 3.32 cm. Los entrenudos expuestos al sol tienen una tonalidad morado-verdoso y los no expuestos al sol un matizado verde-morado con abundante cera opaca. Carece del canal de la yema. El aspecto de la corteza es lisa y presenta grietas poco profundas, pero largas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es mediano con 7.70 mm y 1.0 cm en el lado de la yema, de color morado-verdoso. La forma de la banda de raíces es cilíndrica. La yema es triangular, alta, de color morado-verdoso, con pubescencia abundante en la parte basal y apical. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y de tipo plana, con anchura del ala de 1.6 mm. Las hojas son de tamaño mediano, de 132 cm de longitud, y angostas, de 5.1 cm de anchura. La conformación de la copa es erecta, el color de la hoja es verde pálido, presenta pubescencia media en el borde de la hoja, aunque en la lámina es ausente. La vaina presenta abundante cera y es de color verde, con pubescencia escasa, longitud de pelos medianos. La vaina es mediana en tamaño, de 34.80 cm. La aurícula es de tipo aguda. La lígula es de forma de arco, con anchura de 5.0 mm de ancho y 3.74 cm de largo; su adherencia de la vaina es débil, se despaja muy fácil. El collar presenta forma deltoide, color verde aceituna. La copa es de conformación abierta, el tamaño de la copa es grande de 153.20 cm, con presencia de hoja bandera y floración. Presenta muy pocos chupones de agua, 5 por cepa, por lo que se considera normal. No presenta lalas. El despaje de la hoja es excelente ya que se desprende sola (**Figura 4.**).

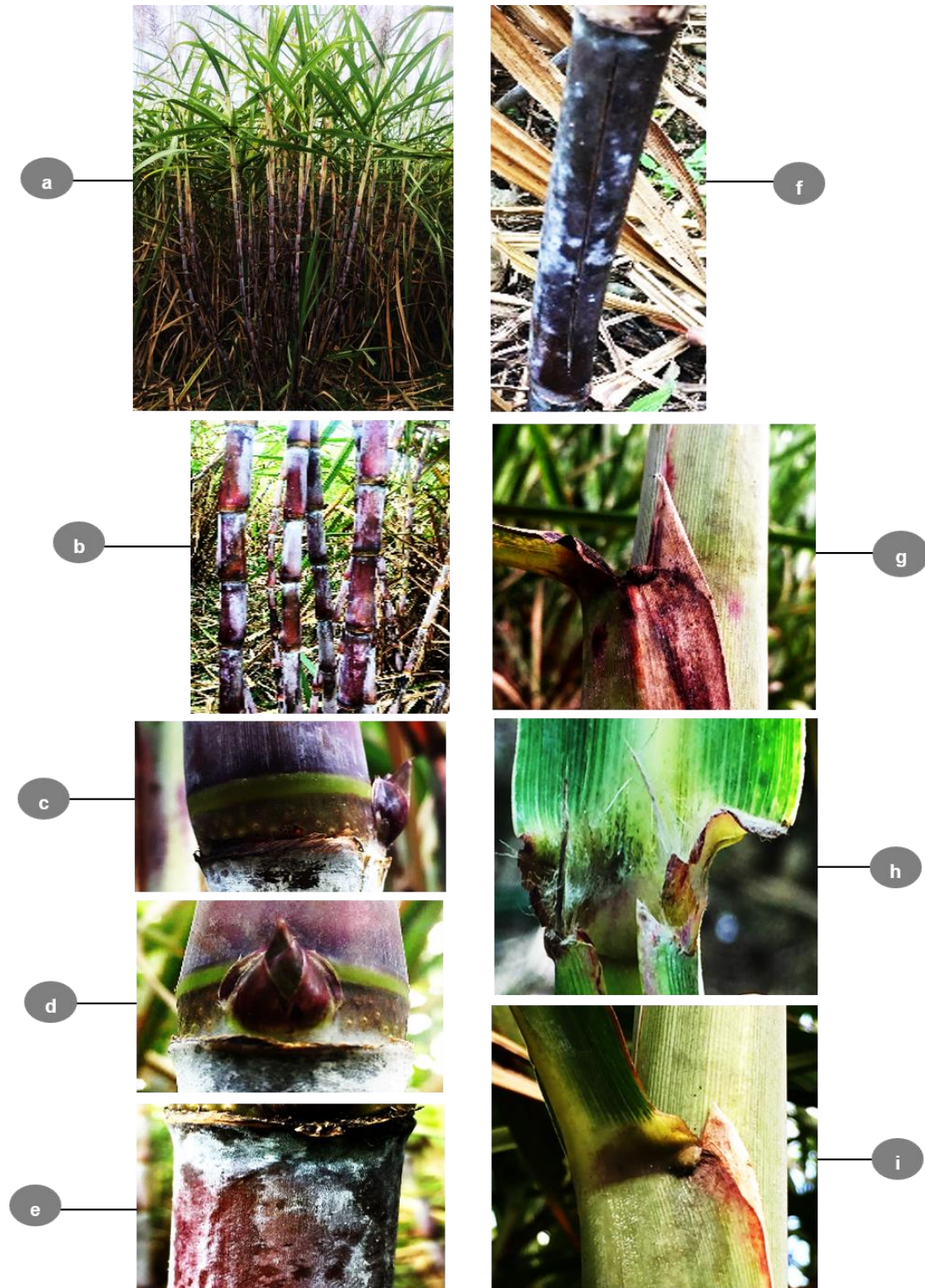


Figura 3. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-50 (Progenitores: CP 52-68 x CP 70-1527). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-58

Progenitores: CP 92-1401 x CP 80-1743

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 256 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.78 m de altura considerados como medianos. Muestran hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos presentan un débil zigzagado y un aspecto longitudinal abarrilado con una longitud mediana de 12.40 cm y un diámetro grueso de 3.71 cm. Los entrenudos expuestos al sol muestran tonalidad morado-verdoso y los no expuestos al sol son amarillos con abundante cera brillante. El canal de la yema mide 5 cm de longitud y en su mayoría tiende a desaparecer en los entrenudos. El aspecto de la corteza es liso y presenta escasas grietas, pero muy profundas, principalmente en la parte basal del entrenudo. El espesor del anillo de crecimiento es de 7.76 mm y de 1.0 cm en el lado de la yema, de color morado-verdoso. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es redonda con poro central de color morado-verdoso, con pubescencia escasa en la parte apical. La yema sobrepasa el anillo de crecimiento. El tamaño de la yema es grande y abultada. La anchura del ala de la yema es de 3.20 mm. Las hojas son largas, de 201 cm de longitud y 4.92 cm de ancho. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido, y no presenta pubescencia en el borde de la hoja pero sí en la lámina. La vaina presenta escasa cera y es de color verde con escasos tintes púrpura; la pubescencia es abundante, con una longitud de pelos medianos. El tamaño de la vaina es de 35.60 cm. La aurícula es de tipo transitoria ascendente. La lígula es de forma cuarto creciente y tiene un ancho de 6.2 mm y de largo mide 4.84 cm y la adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma ligular color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, de 204.5 cm, clasificándose como grande, con el cogollo normal. Puede emitir hasta 6 chupones de agua por cepa por lo que se considera regular. Puede presentar de 2 a 3 lalas por tallo moledero. El despaje de la hoja es excelente ya que se desprende sola (**Figura 5**).

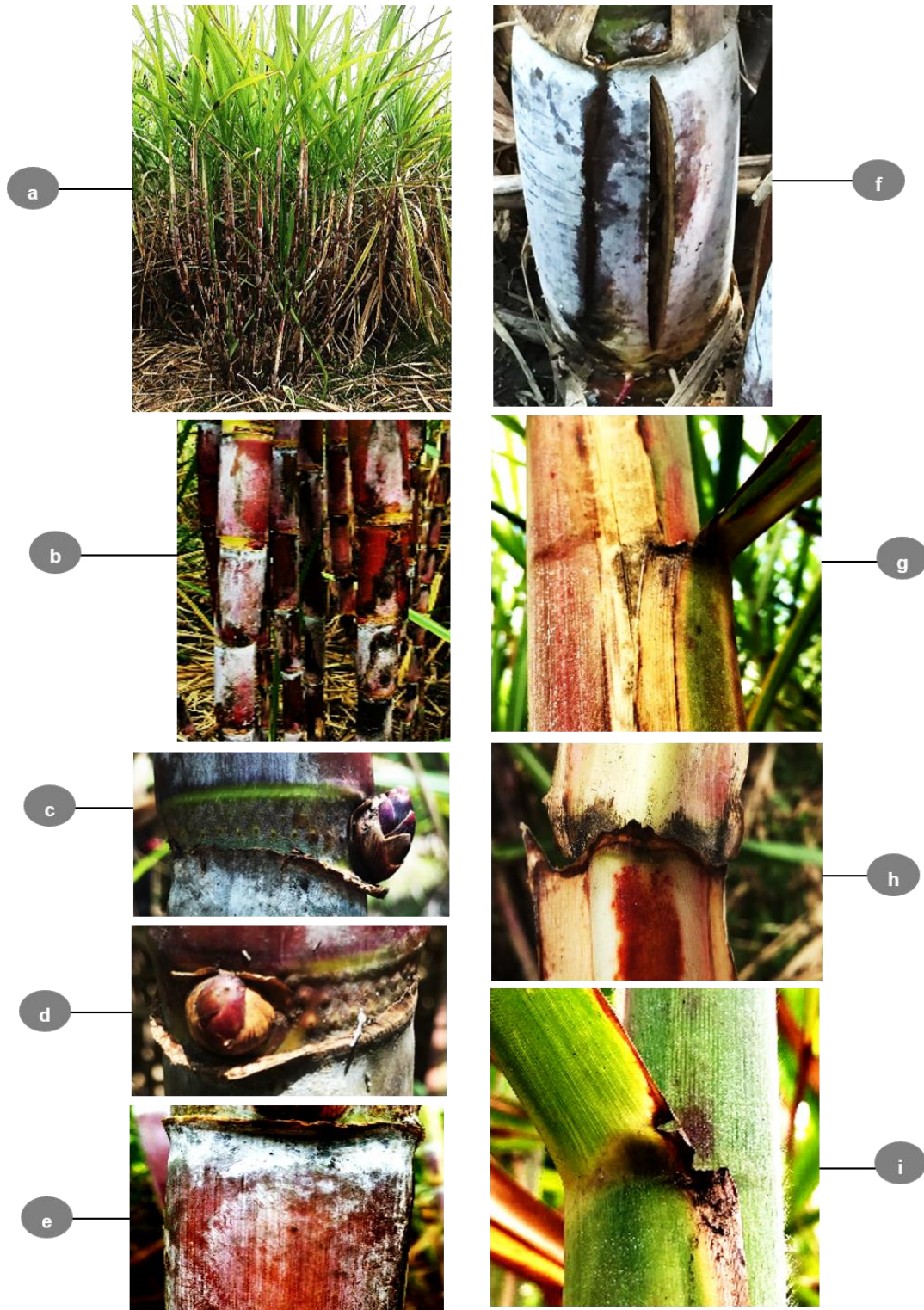


Figura 5. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-58 (Progenitores: CP 92-1401 x CP 80-1743). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-62

Progenitores: CP 92-1401 x CP 81-1384

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce biparental 257 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.68 m de altura considerados como medianos. Muestran hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos presentan un débil zigzagado y un aspecto longitudinal cóncavo-convexo con una longitud mediana de 11.27 cm y un diámetro grueso de 3.14 cm. Los entrenudos expuestos al sol tienen una tonalidad de morado-verdoso, en su mayoría verde, y los no expuestos al sol son amarillo grisáceo con abundante cera opaca. El canal de la yema mide 2 cm de longitud con profundidad media y ancha, y en mayoría de los entrenudos tiende a desaparecer. La corteza muestra un aspecto semirugoso y presenta escasas grietas profundas, en la parte basal de los tallos molederos. El espesor del anillo de crecimiento es de 8.60 mm y de 1.12 cm en el lado de la yema, de color verde-amarillo. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es triangular alta de color morado-verdoso, con pubescencia escasa en la parte apical, regular en la parte lateral y abundante en la parte basal. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento. La yema es de tamaño mediano y de forma plana. La anchura del ala de la yema es de 2.8 mm. Las hojas son largas, de 168.40 cm de longitud, y de 5.16 cm de ancho. La conformación de la copa es erecta. El color de la hoja es verde pálido, con abundante pubescencia en la lámina foliar pero ausencia de ésta en el borde. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados, con pubescencia abundante, y pelos largos. El tamaño de la vaina es de 29.80 cm. La aurícula es de tipo transitoria ascendente. La lígula es de forma cuarto creciente y tiene un ancho mediano de 4.0 mm y de largo mide 3.54 cm y la adherencia de la vaina es débil. El collar presenta forma deltoide y color verde aceituna. La copa es de conformación cerrada, de 174.60 cm, lo que es considerado grande. El cogollo se muestra normal. Presenta pocos chupones de agua, 5 por cepa, lo que se considera regular. Presenta de 1 a 3 lalas por tallo moledero. El despaje de la hoja es excelente ya que se desprende sola, pero presenta acame (**Figura 6.**).



Figura 6. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-62 (Progenitores: CP 92-1401 x CP 81-1384). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-66

Progenitores: CP 92-1401 x CP 81-1384

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 257 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.86 m de altura considerados como medianos. Muestran hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos presentan un débil zigzagado y un aspecto longitudinal cóncavo-convexo con una longitud mediana de 12.00 cm y un diámetro grueso de 3.15 cm. Los entrenudos expuestos son de tonalidad verde y los no expuestos al sol son amarillos con abundante cera opaca, además de que no presentan canal de la yema. La corteza es de aspecto rugoso (suberoso) y presenta grietas en exceso, poco profundas, abarcando todo el entrenudo. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 8.16 mm y de 1.0 cm en el lado de la yema, de color verde. La forma de banda de raíces es cilíndrica. La yema es redonda con poro central de color amarillo-verdoso, con pubescencia abundante en la parte apical, regular en la parte lateral y ausente en la parte basal. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento. El tamaño de la yema es mediana y abultada. La anchura del ala de la yema es de 3.2 mm. Las hojas presentan una longitud mediana, de 137.0 cm y una anchura angosta de 4.64 cm. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido, y presenta pubescencia regular en el borde de la hoja y en exceso en la lámina foliar. La vaina presenta escasa cera y es de color verde, la pubescencia es abundante, con pelos largos. El tamaño de la vaina es de 34.56 cm. La aurícula es de tipo deltoide. La lígula es de forma arqueada y tiene una anchura de 5.6 mm y de largo mide 3.36 cm, y la adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma ligular color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, de 177.60 cm, considerada grande. Es un híbrido que presenta floración. Los chupones de agua son abundantes, 8 brotes por cepa, lo que representa un exceso. Puede presentar hasta 4 lalas, muy desarrolladas. El despaje de la hoja es excelente porque se desprende sola (**Figura 7.**).

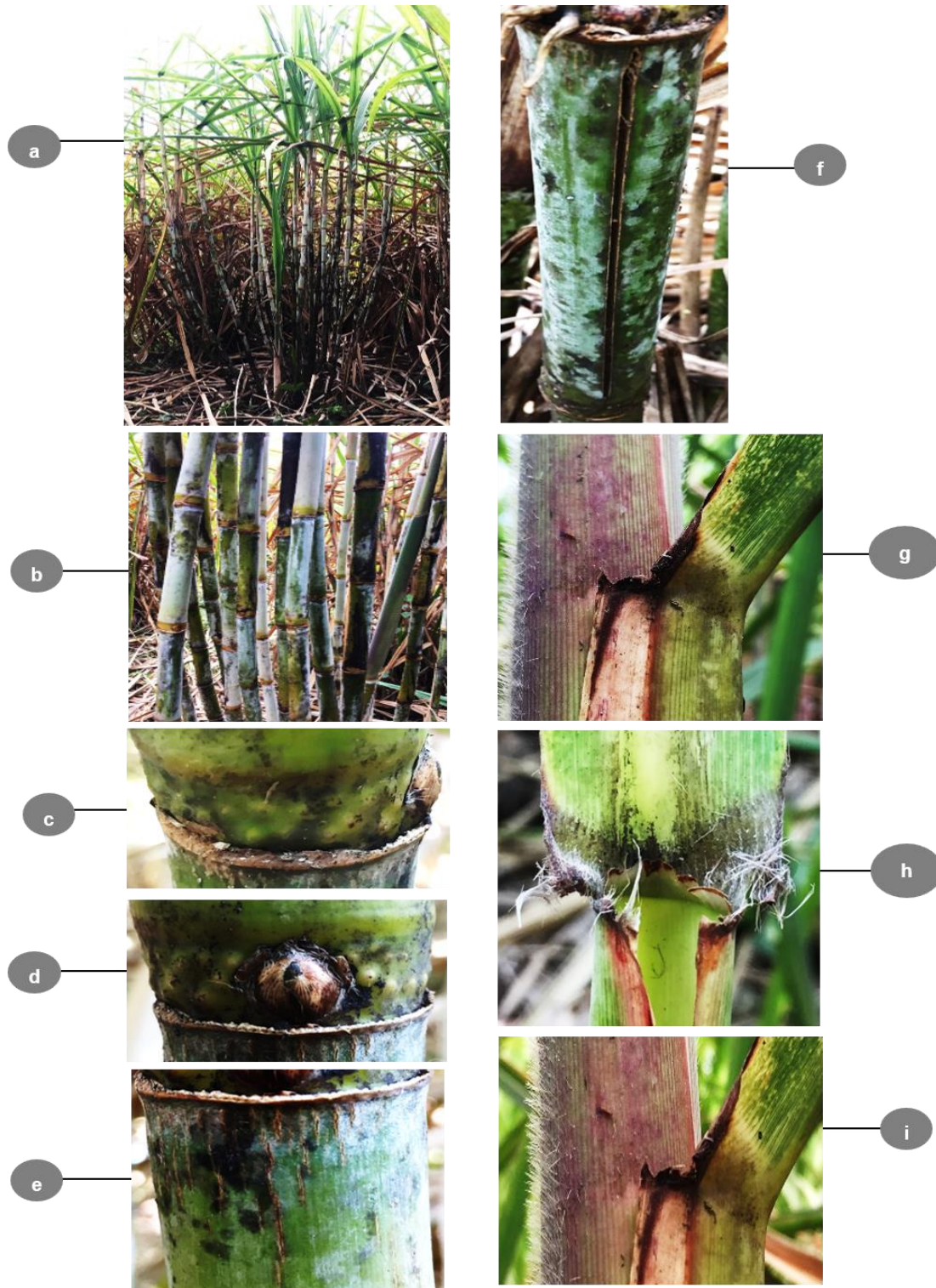


Figura 7. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-66 (Progenitores: CP 92-1401 x CP 81-1384). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-75

Progenitores: CP 92-1401 x CP 81-1384

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce biparental 257 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.71 m de altura considerados como medianos. Muestran un hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos presentan un zigzagado suave y un aspecto longitudinal cónico-conoidal con una longitud larga de 16.74 cm y un diámetro grueso de 3.17 cm. Los entrenudos expuestos al sol tienen una tonalidad morado-verdoso y otros amarillo-verdoso y los no expuestos al sol son amarillos con abundante cera opaca. El canal de la yema mide 3.5 cm, es ancho y poco profundo, y en algunos entrenudos desaparece. El aspecto de la corteza es semirugoso y presenta grietas en exceso y muy profundas, abarcando casi todo el entrenudo. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.0 mm y de 9.0 mm en el lado de la yema, de color verde morado-verdoso o verde. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es triangular, alta, de color morado-verdoso, con pubescencia abundante en la parte basal y lateral, y ausente en la parte apical. La yema toca el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y de forma plana. La anchura del ala de la yema es de 2.6 mm. Las hojas presentan una longitud larga, de 181.60 cm, y una anchura mediana, de 4.0 cm. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde oscuro; y presenta pubescencia escasa en el borde de la hoja, pero en la lámina, la pubescencia es regular. La vaina presenta escasa cera y es de color verde con tintes morados, con pubescencia abundante y pelos cortos. El tamaño de la vaina es de 34.48 cm. La aurícula es de tipo transitoria ascendente. La lígula es de forma deltoide y tiene una anchura mediana de 4.6 mm y de largo mide 3.46 cm y la adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma deltoide pero en la mayoría de los casos es ligular color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, de tamaño grande, mide 206.60 cm, con el cogollo normal. Los chupones de agua son abundantes, 8 o más por cepa, por lo que son un exceso. Presenta en total 5 lalas muy desarrolladas. El despaje de la hoja es regular por que se desprende con cierta dificultad (**Figura 8.**).

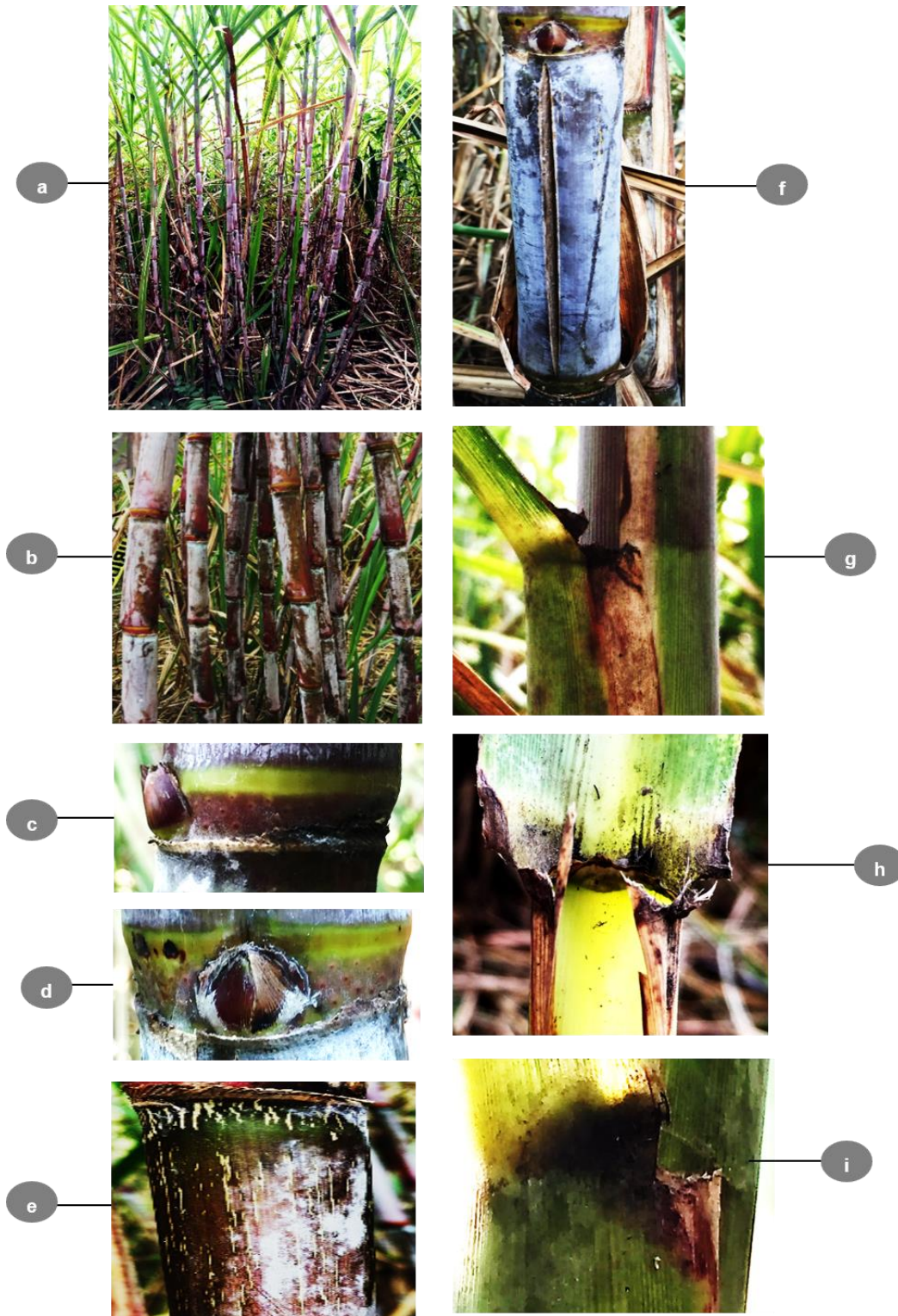


Figura 8. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-75 (Progenitores: CP 92-1401 x CP 81-1384). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-79

Progenitores: CP 92-1401 x CP 81-1384

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce biparental 257 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.85 m de altura, considerados de tamaño mediano. Muestra hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Los entrenudos son rectos, no presentan zigzagado, de aspecto longitudinal cónico-conoidal, medianos, de 13.46 cm de longitud y gruesos; de 3.19 cm de diámetro. El color de los entrenudos expuestos al sol muestran tonalidad rojo púrpura y los entrenudos no expuestos al sol tienen una tonalidad morado-verdoso con abundante cera opaca. El canal de la yema mide 1.0 cm, considerado ancho y poco profundo; en la mayoría de los entrenudos no se observa canal. La corteza muestra un aspecto liso, sin grietas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.92 mm y de 1.0 cm en el lado de la yema, de color rojo púrpura-verdoso y la forma de banda de raíces es obcónica. La yema es trasovada de color morado con matices verdes, con pubescencia abundante en la parte apical y basal y ausente en la parte lateral. La yema toca el anillo de crecimiento. La yema es de tamaño mediano y forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 3.6 mm. Las hojas son largas, con 177.20 cm de longitud, y angostas con 3.78 cm de anchura. La conformación de la copa es arqueada, con hojas de color verde pálido, con presencia de abundante pubescencia en la lámina de la hoja, aunque en el borde la pubescencia es ausente. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados. Muestra abundante pubescencia, con pelos de longitud mediana. El tamaño de la vaina es de 35.50 cm. La aurícula es de tipo transitoria horizontal. La lígula es de forma deltoide, de 3.8 mm de ancho y 3.42 cm de largo. La adherencia de la vaina es media, ya que se necesita aplicar un poco de fuerza para desprenderla del tallo. El collar presenta la forma deltoide color verde aceituna. La copa es de conformación abierta. El tamaño de la copa es grande, mide 181.80 cm, con el cogollo normal. Muestra entre 6 y 9 chupones de agua por cepa, lo que es considerado abundante; en los chupones las hojas pueden estar enchinadas. Ocasionalmente se observa presencia de lalas en el tercio superior. El despaje de la hoja es regular por que se desprende con cierta dificultad (**Figura 9**).

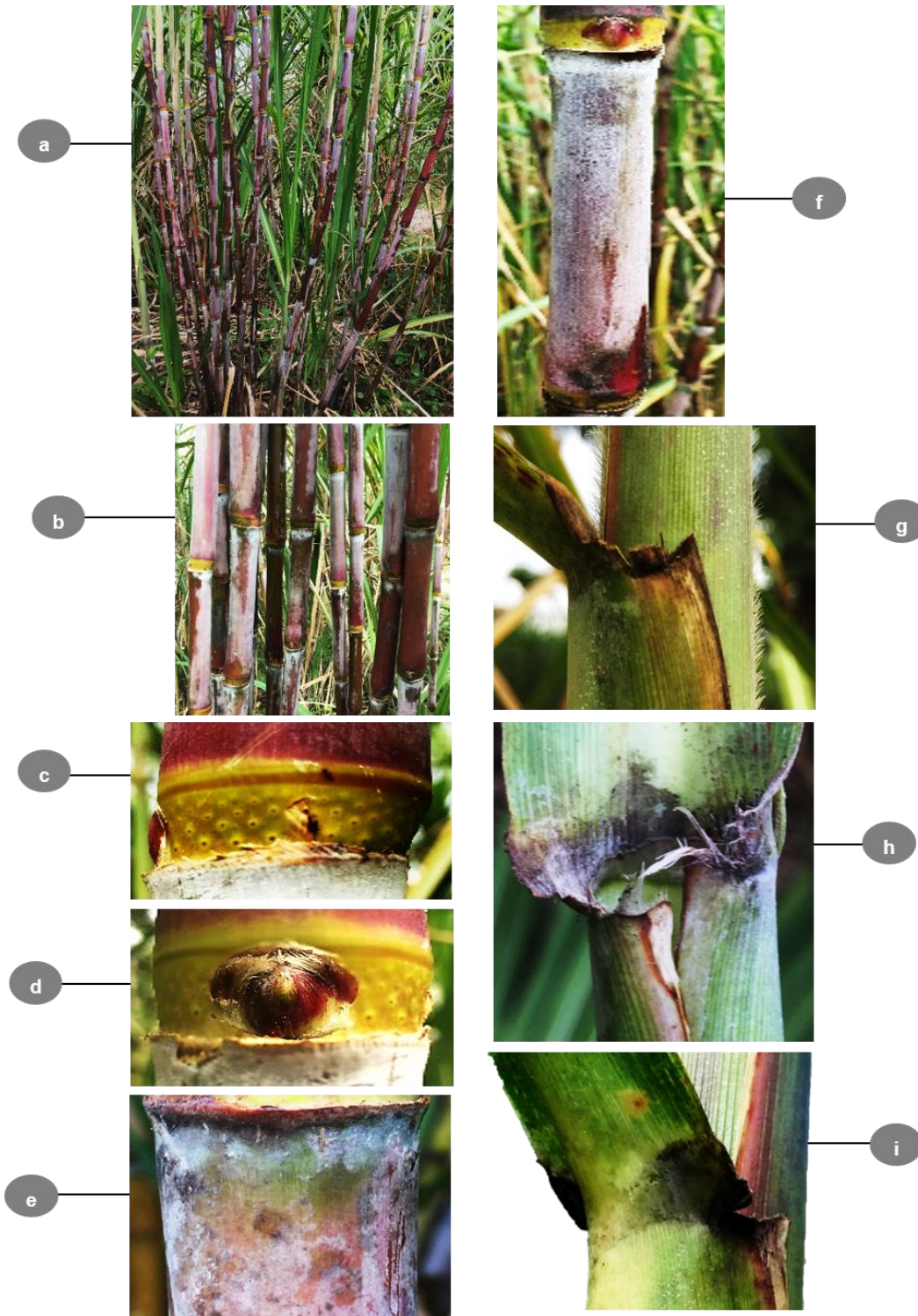


Figura 9. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-79 (Progenitores: CP 92-1401 x CP 81-1384). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-93
Progenitores: CP 81-10 x CP 70-133

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 258 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 3.06 m de altura, considerados de tamaño mediano. Es de hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos tienen zigzag fuerte con un aspecto longitudinal cóncavo-convexo con una longitud larga de 17.34 cm y un diámetro grueso de 3.17 cm. Los entrenudos expuestos al sol son verdes y los no expuestos al sol son amarillos con abundante cera opaca. El canal de la yema está ausente. El aspecto de la corteza es rugosa y presenta grietas profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.56 mm y de 1.11 cm en el lado de la yema, de color amarillo-verdoso y la forma de banda de raíces es obcónica. La yema es triangular, alta, de color verde matizada con tintes morados, con pubescencia abundante en la parte apical, basal y lateral. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento. La yema es de tamaño mediano y de forma aplanada. La anchura del ala de la yema es de 2.4 mm. Las hojas son largas, con una longitud de 184.60 cm y angostas, de 4.92 cm. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido, y presenta pubescencia regular en la lámina y en el borde. La vaina foliar presenta abundante cera y es de color verde, con pubescencia abundante y longitud de pelos larga. El tamaño de la vaina es de 30.52 cm. La aurícula es de tipo lanceolada corta. La lígula es de forma cuarto creciente y tiene una anchura mediana; de 4.8 mm y de largo mide 4.12 cm, y la adherencia de la vaina es fuerte. El collar presenta la forma ligular, de color verde marrón. La copa es de conformación abierta, de tamaño grande; mide 223.20 cm, con el cogollo normal. Presenta muy pocos chupones, de 3 a 4 brotes por cepa, lo que es considerado normal. Puede mostrar presencia de lalas, hasta 4 en total. El despaje de las hojas es regular, y se desprenden con cierta dificultad (**Figura 10.**).

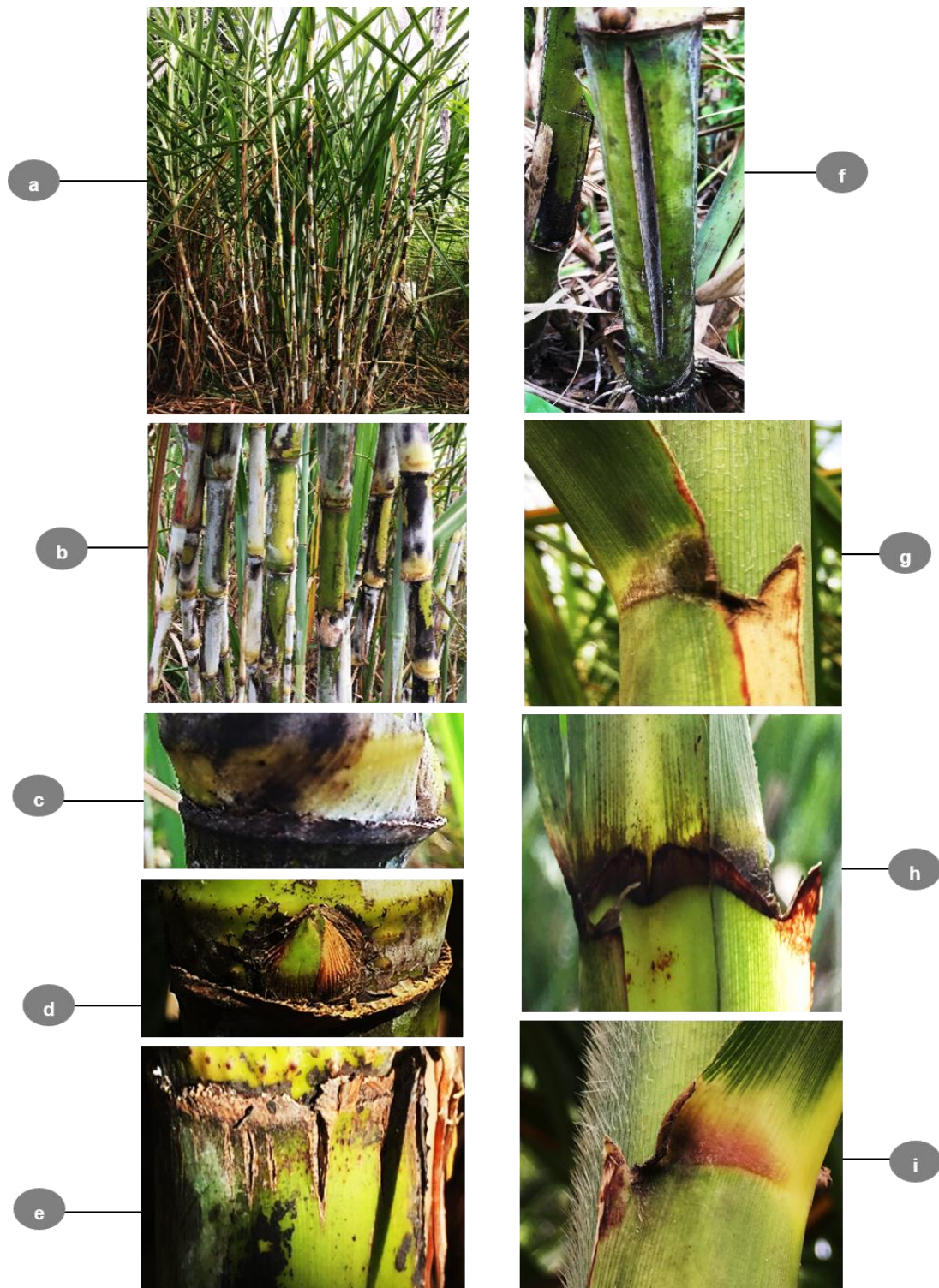


Figura 10. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-93 (Progenitores: CP 81-10 x CP 70-133). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-95
Progenitores: CP 81-10 x CP 70-133

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce biparental 258 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 3.18 m de altura, considerados de tamaño mediano. Muestran un hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos tienen zigzaguo débil con un aspecto longitudinal cóncavo-convexo. Son de longitud mediana, de 11.36 cm y diámetro grueso, de 3.12 cm. Los entrenudos expuestos al sol son morados y los no expuestos al sol son morado-verdoso, con abundante cera brillante. El canal de la yema mide 4 cm, es ancho y poco profundo. El aspecto de la corteza es liso, presenta grietas muy profundas y anchas solo en los entrenudos que están muy cerca del suelo. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.28 mm y de 9.7 mm en el lado de la yema, de color morado-verdoso y la forma de banda de raíces es cilíndrica. La yema es redonda con poro central, de color matizado entre morado-verdoso con pubescencia escasa solo en la parte apical y ausente en la parte basal y lateral. La yema sobrepasa el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y de forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 2.8 mm. Las hojas son largas con 182.10 cm de longitud, y angostas con 4.60 cm de anchura. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido, y presenta pubescencia regular en la lámina, con pelos largos, y rala en el borde. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con unos escasos tintes morados, sin pubescencia. El tamaño de la vaina es de 31.32 cm. La aurícula es de tipo lanceolada larga. La lígula es de forma cuarto creciente y tiene una anchura ancha de 6.0 mm y de largo mide 4.64 cm y la adherencia de la vaina es débil, se cae casi por sí sola. El collar presenta la forma deltoide y color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, de tamaño grande, mide 199.60 cm, con el cogollo normal. Los chupones de agua son muy pocos, de 2 a 3 brotes por cepa, lo que es considerado normal. No presenta lalas. El despaje de la hoja es excelente, ya que no presenta dificultad para desprenderse (**Figura 11.**).

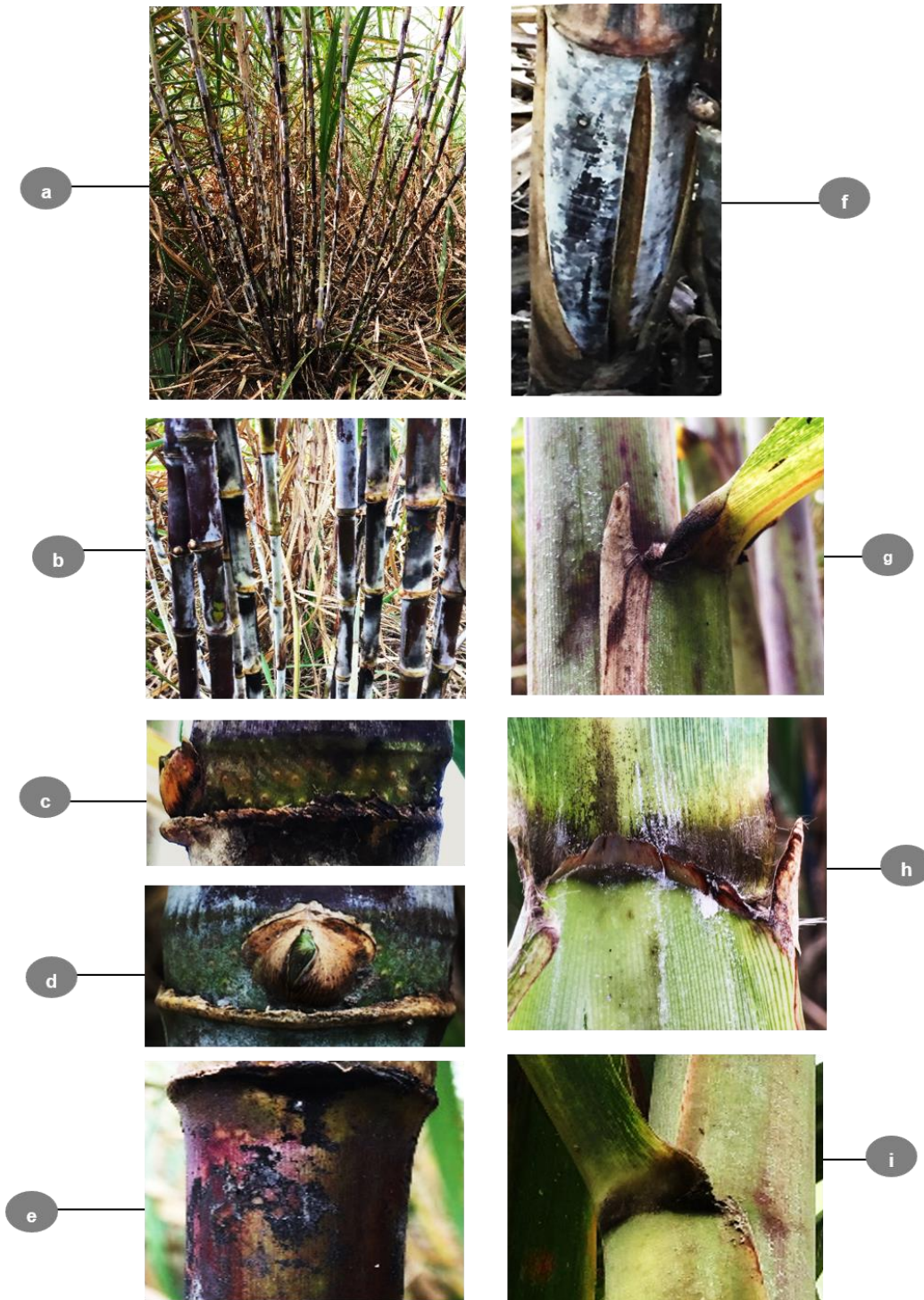


Figura 11. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-95 (Progenitores: CP 81-10 x CP 70-133). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-97
Progenitores: Tue 72-9 x CP 80-1827

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce biparental 264 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 3.13 m de altura, considerados de tamaño mediano. Los tallos muestran un hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos tienen zigzagueo débil con un aspecto longitudinal cóncavo-convexo con una longitud mediana de 14.16 cm y un diámetro mediano de 2.92 cm. Los entrenudos expuestos al sol tienen una tonalidad verde-amarillenta y los no expuestos al sol son amarillos con abundante cera opaca. En los entrenudos el canal de la yema es ausente. El aspecto de la corteza es semirugoso con fisuras suaves y presenta grietas poco profundas pero largas. El espesor del anillo de crecimiento en el nudo es de 8.28 mm y de 1.0 cm en el lado de la yema, de color verde. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es triangular corta, de color verde con pubescencia abundante solo en la parte apical y ausente en las partes basal y lateral. La yema toca el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y de forma plana. La anchura del ala de la yema es de 2.0 mm. Las hojas son medianas, de 144.90 cm de longitud, y angostas, de 4.46 cm de ancho. La conformación de la copa es arqueada, el color de la hoja es verde oscuro, y presenta pubescencia abundante en la lámina y en el borde. La vaina presenta escasa cera y es de color verde con tintes morados; la pubescencia en la vaina es ausente. El tamaño de la vaina es de 31.94 cm. La aurícula es de tipo transitoria ascendente. La lígula es de forma deltoide y es ancha con 5.0 mm y de largo mide 3.54 cm y la adherencia de la vaina es media; se necesita aplicar fuerza ligeramente para que se desprenda. El collar presenta la forma deltoide y es de color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, el tamaño de la copa es grande, de 156 cm, con el cogollo en forma de bandera, y emite floración. Presenta pocos chupones de agua, de 1 a 3, lo que es normal. Los tallos erectos presentan escasas lalas, pero cuando se acaman muestran más lalas. Este híbrido tiende al acame. Las hojas se encuentran bien adheridas al tallo, por lo que el híbrido muestra dificultad de despaje (**Figura 12.**).

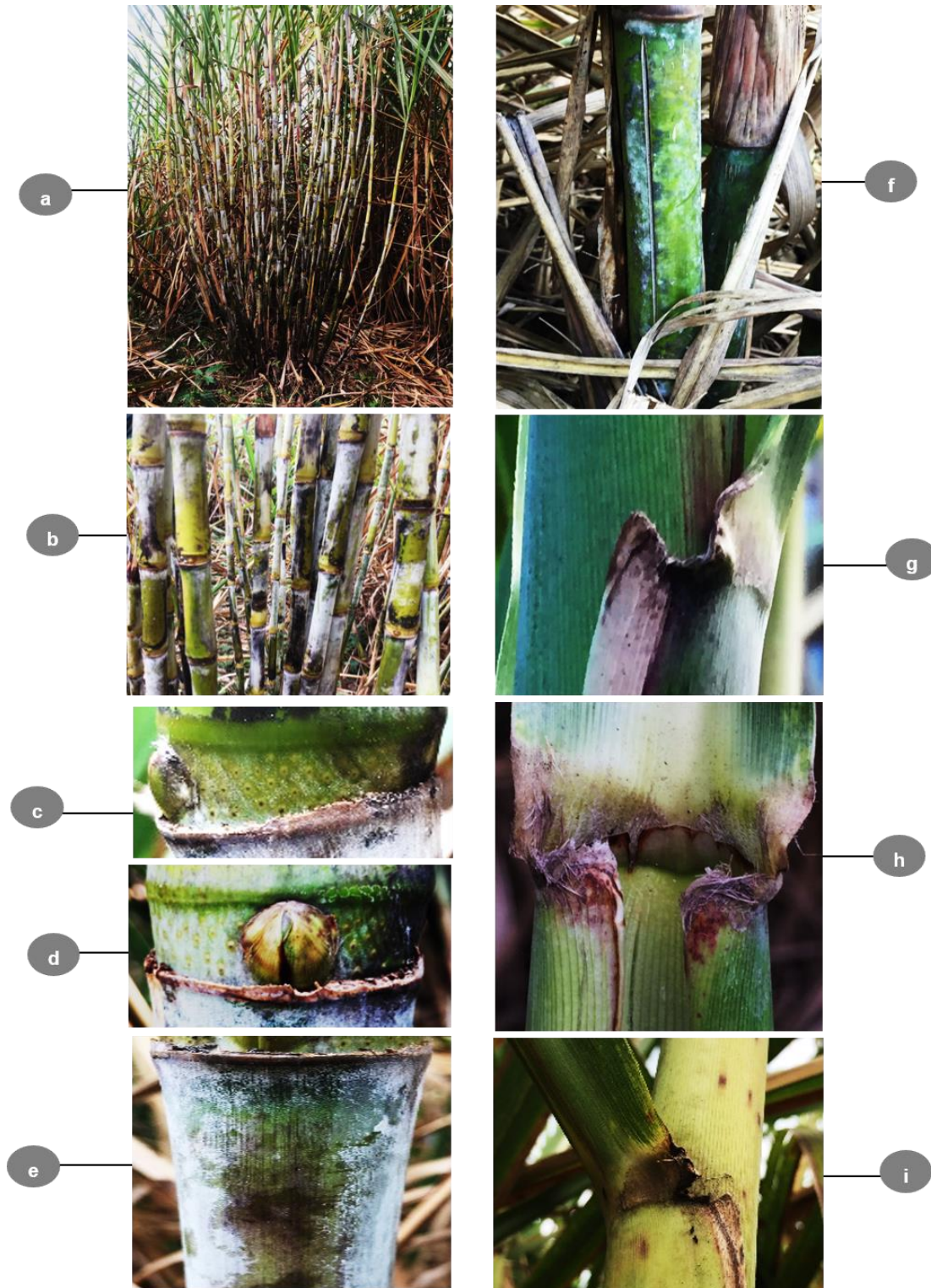


Figura 12. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-97 (Progenitores: Tue 72-9 x CP 80-1827). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-99
Progenitores: Tue 72-9 x CP 80-1827

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 264 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.91 m de altura, considerados como medianos. Muestran un hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos tienen zigzagado curvado débil con un aspecto longitudinal cilíndrico, longitud mediana de 14.02 cm y diámetro grueso de 3.52 cm. Los entrenudos expuestos al sol tienen una tonalidad de morado-verdoso y los no expuestos al sol son amarillo-verdoso con abundante cera opaca. El canal de la yema es ancho, pero poco profundo por lo que tiende a desaparecer, mide 3.6 cm. La corteza tiene un aspecto liso y no presenta grietas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.88 mm y de 1.12 cm en el lado de la yema, de color morado-verdoso. La forma de la banda de raíces es cilíndrica. La yema es ovada, de color morado-verdoso, con pubescencia abundante en la parte lateral y ausente en la parte apical y basal. La yema toca el anillo de crecimiento ligeramente, y muestra un tamaño mediano y forma plana. La anchura del ala de la yema es de 1.4 mm. Las hojas presentan una longitud larga de 162.80 cm y una anchura angosta de 4.84 cm. La conformación de la copa es arqueada, con hojas color verde oscuro, y presencia de pubescencia abundante en la lámina y en el borde. La vaina es de color verde con tintes morados y presenta abundante cera. La lámina foliar presenta abundante pubescencia con pelos medianos. El tamaño de la vaina es de 29.58 cm. La aurícula es de tipo lanceolada larga. La lígula es de forma de correa y tiene una anchura ancha de 5.4 mm y de largo mide 5.60 cm y la adherencia de la vaina es débil, se desprende sola. El collar presenta la forma deltoide color café oscuro. La copa es de conformación abierta, de tamaño grande; mide 168.20 cm, con el cogollo normal. Presenta pocos chupones de agua, de 3 a 4 brotes por cepa, lo cual es considerado normal. No presenta lalas. El despaje de la hoja es excelente; no presenta dificultad para desprenderse (**Figura 13.**).



Figura 13. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-99 (Progenitores: Tue 72-9 x CP 80-1827). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-125
Progenitores: Tue 72-9 x CP 80-1827

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce biparental 264 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.90 m de altura considerados como medianos y muestran un hábito de crecimiento erecto. Sus entrenudos tienen zigzagado curvado débil, con un aspecto longitudinal cóncavo-convexo con una longitud mediana de 11.68 cm y un diámetro grueso de 3.34 cm. Los entrenudos expuestos al sol tienen tonalidad morado-verdoso y los no expuestos al sol son amarillo-verdoso, con abundante cera brillante. El canal de la yema es poco profundo, de 2.5 cm. La corteza es de aspecto liso y presenta grietas poco profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.68 mm y de 1.00 cm en el lado de la yema, de color morado-verdoso y la forma de la banda de raíces es obcónica. La yema es ovada, de color morado-verdoso con pubescencia abundante en las partes lateral, apical y basal. La yema sobrepasa el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y de forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 2.0 mm. Las hojas presentan una longitud mediana; de 113.60 cm y una anchura de 5.60 cm. La conformación de la copa es arqueada, con hojas de color verde pálido, con pubescencia regular en la lámina, pero ausente en el borde. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados. La pubescencia es escasa con pelos cortos. El tamaño de la vaina es de 31.20 cm. La aurícula es de tipo lanceolada larga. La lígula es de forma deltoide y es ancha con 5.4 mm y de largo mide 4.74 cm y la adherencia de la vaina es débil, pues se desprende sola. El collar presenta la forma ligular y es de color verde aceituna. La copa es de conformación abierta, de tamaño grande con 161.00 cm, con el cogollo en forma de bandera, y emite floración. Presenta pocos chupones de agua, de 4 a 6 brotes por cepa, por lo que es regular. Ocasionalmente desarrolla una o dos lalas. El despaje de la hoja es excelente; no presenta dificultad para desprenderse del tallo (**Figura 14**).

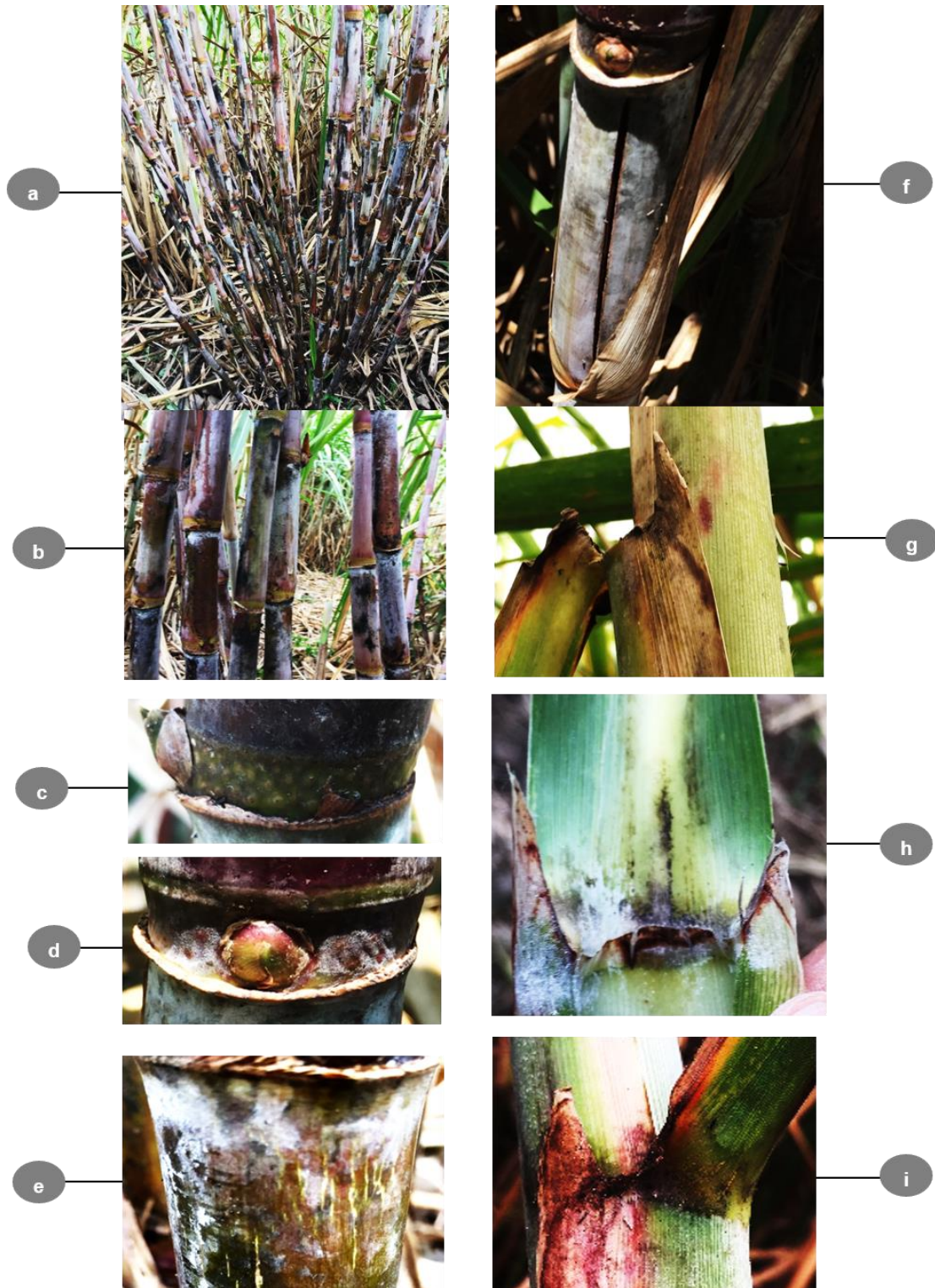


Figura 14. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-125 (Progenitores: Tue 72-9 x CP 80-1827). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-132
Progenitores: CC 93-3826 x CP 62-378

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 294 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 3.14 m de altura, considerados de tamaño mediano. Los tallos presentan un hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos son rectos, sin zigzag, con un aspecto longitudinal abobinado. Son de longitud mediana, con 12.08 cm, y un diámetro grueso de 3.29 cm. Los entrenudos expuestos al sol muestran tonalidad de amarillo-verdosa, y los no expuestos al sol son amarillo-grisáceos con escasa cera opaca. El canal de la yema es algo profundo, entre 4.8 y 8.8 cm de longitud, pero no es homogéneo en todos los tallos. La corteza es de aspecto liso y no presenta grietas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.92 mm y de 9.6 mm en el lado de la yema, de color verde-amarillento y la forma de banda de raíces es cilíndrica. La yema es triangular, mediana y abultada, de color verde-amarillento, con pubescencia escasa en las partes lateral y apical; toca ligeramente el anillo de crecimiento. La anchura del ala de la yema es de 2.2 mm. Las hojas son largas (170.70 cm) y angostas (5.40 cm). La copa es de conformación erecta, con hojas de color verde oscuro y presencia de pubescencia regular en la lámina y en el borde es ausente. La vaina presenta abundante cera y es de color verde; la pubescencia es abundante con pelos cortos; el tamaño de la vaina es de 31.68 cm. La aurícula es de tipo lanceolada corta. La lígula es de forma cuarto creciente y tiene una anchura ancha de 5.0 mm y de largo mide 4.48 cm y la adherencia de la vaina es débil ya que se desprende sola. El collar presenta forma ligular y color verde aceituna. La copa es de conformación abierta, de tamaño grande, mide 172.80 cm, con el cogollo normal. Muestra numerosos chupones de agua, de 8 a 10 brotes por cepa, lo que se considera excesivo. También presenta numerosas lalas en el tercio superior. El despaje de la hoja es excelente ya que no presenta dificultad para desprenderse (**Figura 15.**).

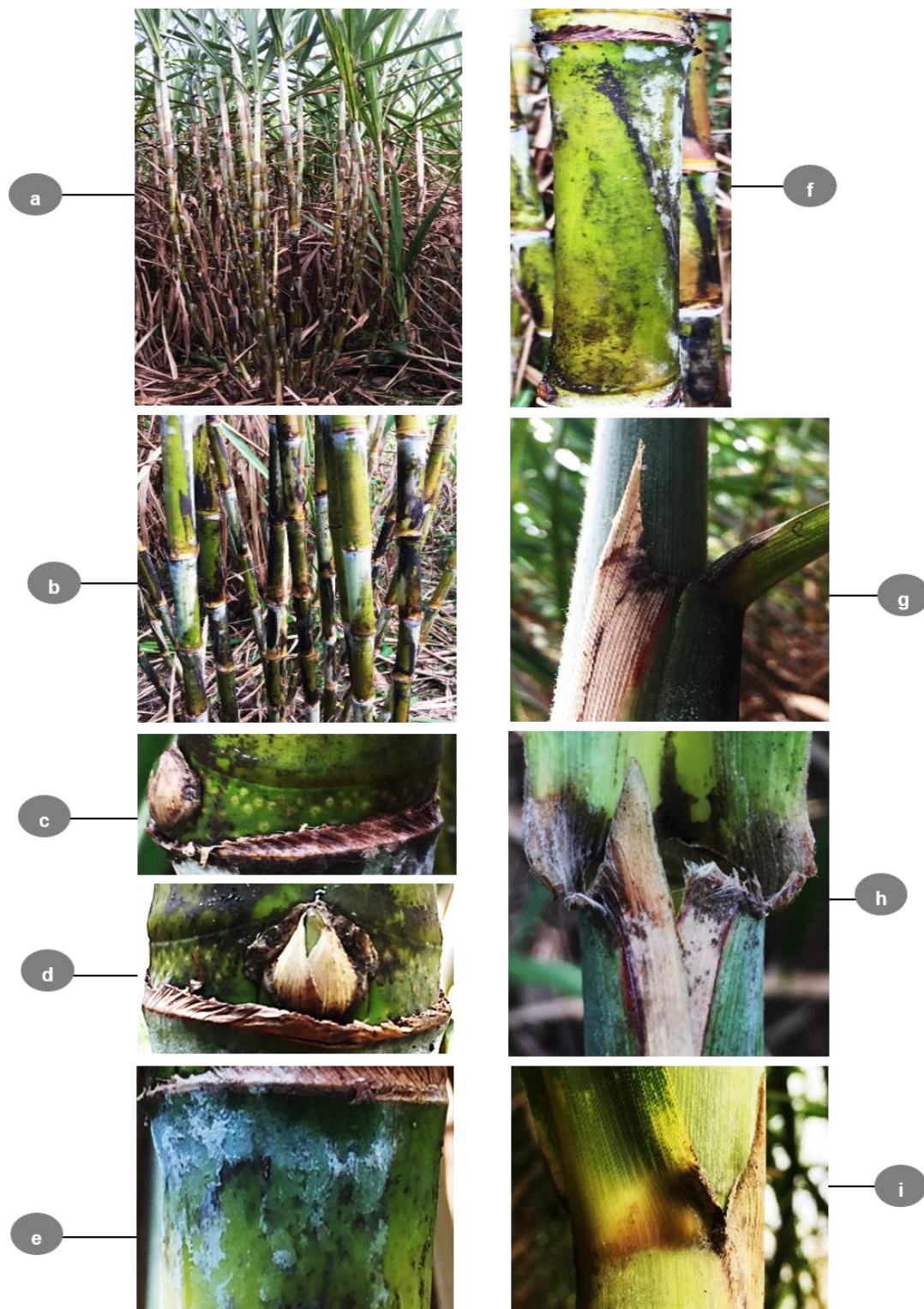


Figura 15. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-132 (Progenitores: CC 93-3826 x CP 62-378). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-136
Progenitores: CC 93-3826 x CP 62-378

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 294 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 3.29 m de altura considerados como medianos. Presentan hábito de crecimiento semierecto, inclinado a menos de 45°. Sus entrenudos presentan un débil zigzag con un aspecto longitudinal cóncavo-convexo, con una longitud mediana de 12.89 cm y un diámetro grueso de 3.41 cm. Los entrenudos expuestos al sol son color amarillo y los no expuestos al sol tienen una tonalidad amarillo-verdosa con abundante cera opaca. El canal de la yema es media profunda y ancha y mide 4.8 cm de longitud. El aspecto de la corteza es semirrugoso y presenta grietas profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.50 mm y de 1.02 cm en el lado de la yema, es de color verde-amarillento y la forma de banda de raíces es obcónica. La yema es triangular, alta, de color verde con pubescencia regular en la parte lateral. La yema sobrepasa el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y de forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 1.4 mm. Las hojas son de tamaño mediano, de 151.40 cm de longitud, y de 4.48 cm de ancho. La conformación de la copa es erecta. El color de la hoja es verde pálido y presenta pubescencia regular en la lámina y en el borde es ausente. La vaina presenta escasa cera y es de color verde, tiene pubescencia regular con pelos cortos. El tamaño de la vaina es de 37.40 cm. La aurícula es de tipo lanceolada larga. La lígula es de forma cuarto creciente y tiene una anchura de 5.40 mm y de largo mide 4.80 cm. La adherencia de la vaina al tallo es débil, se desprende sola. El collar presenta la forma deltoide, color café oscuro. La copa es de conformación abierta, grande, mide 162.40 cm, con el cogollo normal. Los chupones de agua son pocos, de 3 a 5 brotes por cepa. Presenta abundantes lalas. El despaje de la hoja es excelente ya que no presenta dificultad para desprenderse (**Figura 16.**).

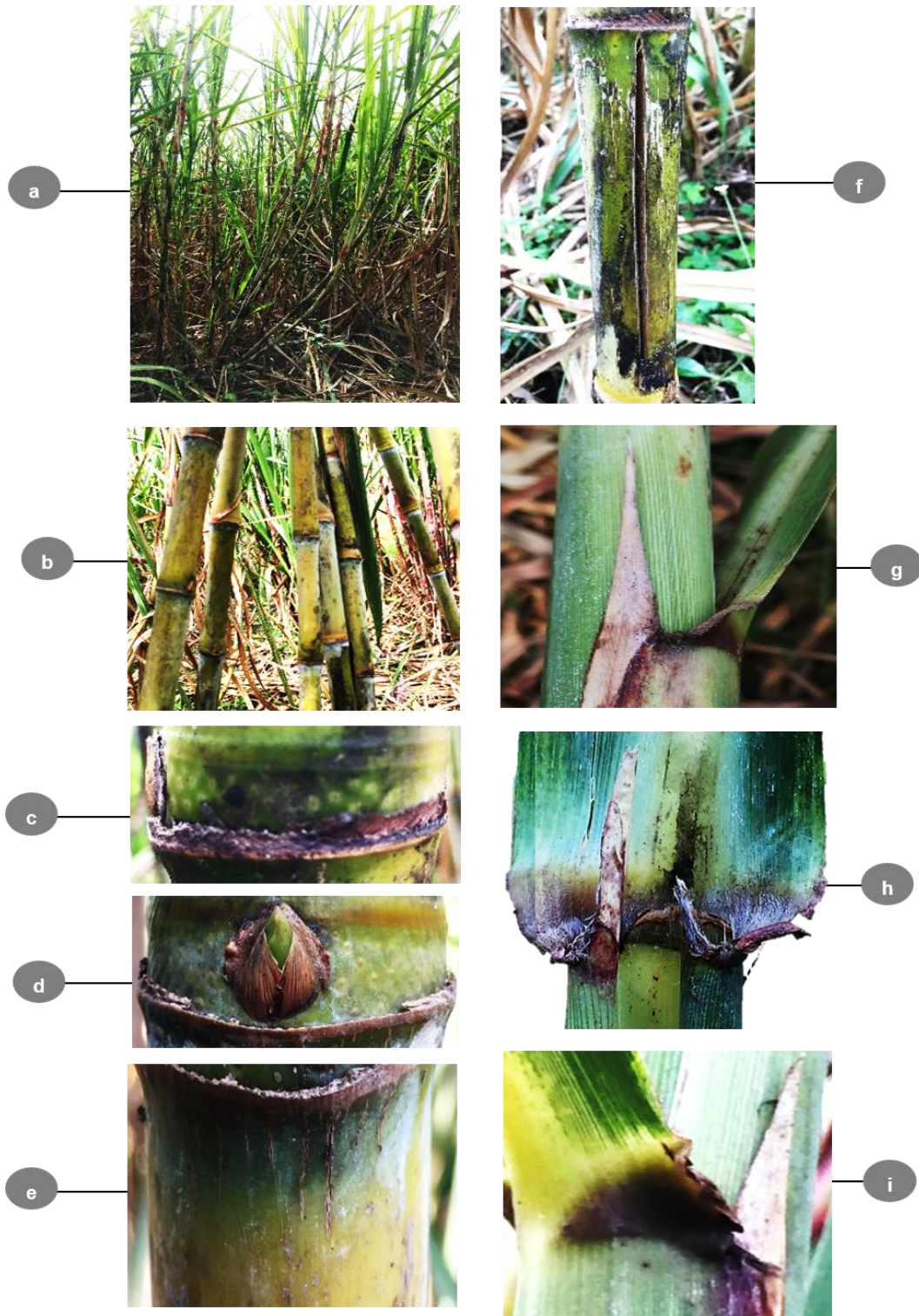


Figura 16. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-136 (Progenitores: CC 93-3826 x CP 62-378). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-208
Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce multiparental CMI V proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.57 m de altura considerados como medianos y con un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos tienen zigzagado curvado débil con un aspecto longitudinal cóncavo-convexo, con una longitud mediana de 12.10 cm y un diámetro grueso de 3.46 cm. Los entrenudos expuestos al sol tienen una tonalidad morado-verdosa y los no expuestos al sol tienen un matiz amarillo-púrpura-verdoso con abundante cera brillante. No presenta canal de la yema. El aspecto de la corteza es liso y presenta grietas profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento del lado opuesto de la yema es de 7.8 mm y de 1.06 cm en el lado de la yema, presenta una coloración morado-verdosa. La forma de banda de raíces es cilíndrica. La yema es redonda con poro central de color morado-verdoso, con pubescencia regular en la parte lateral, apical y basal. La yema sobrepasa el anillo de crecimiento, es de tamaño mediana y forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 2.2 mm. Las hojas son largas, de 180.50 cm de longitud, y de 6.08 cm de ancho. La conformación de la copa es arqueada. El color de la hoja es verde pálido, y presenta pubescencia abundante en la lámina y en el borde es regular. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados, presenta pubescencia abundante con pelos medianos. El tamaño de la vaina es de 33.28 cm. La aurícula es de tipo lanceolada corta, la lígula tiene forma de arco y tiene una anchura mediana de 5 mm y de largo mide 5.88 cm. La adherencia de la vaina al tallo es débil, se desprende sola. El collar presenta forma deltoide, color café oscuro. La copa es de conformación abierta. El tamaño de la copa es grande, mide 188.20 cm, con el cogollo normal. Presenta pocos chupones de agua, de 2 a 5 brotes por cepa, lo cual es normal. No presenta lalas. El despaje de la hoja es excelente, porque no presenta dificultad para desprenderse (**Figura 17**).

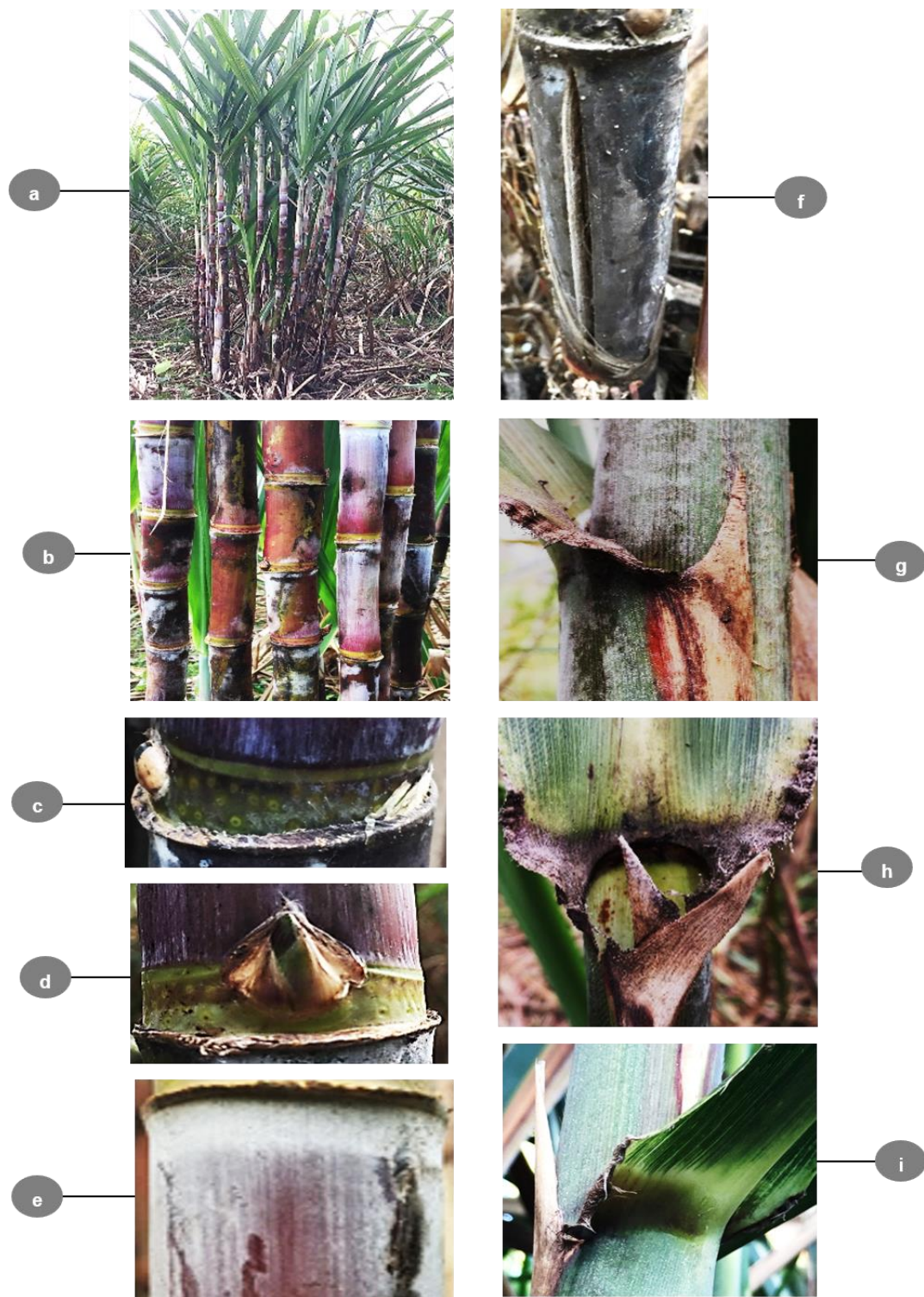


Figura 17. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-208 (Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-212
Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce multiparental CMI V proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.46 m de altura, considerados como medianos. Presentan hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos tienen zigzaguo fuerte con un aspecto longitudinal cóncavo-convexo con una longitud mediana, de 11.40 cm y un diámetro grueso de 3.70 cm. Los entrenudos expuestos al sol son verdes y los no expuestos al sol tienen un matiz amarillo-verdoso con escasa cera opaca. No presenta canal de la yema. El aspecto de la corteza es rugoso en exceso y presenta grietas poco profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 73 mm del lado opuesto de la yema y de 1.06 cm en el lado de la yema, presenta una coloración morado-verdosa. La forma de banda de raíces es cónica. La yema es pentagonal de color morado-verdoso con pubescencia regular en la parte basal. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y de forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 1.8 mm. Las hojas son largas y angostas, con 162.20 cm de longitud y 5.84 cm de ancho. La conformación de la copa es erecta. El color de la hoja es verde pálido, y presenta pubescencia regular tanto en la lámina y como en el borde. La vaina presenta abundante cera, es de color verde, presenta pubescencia abundante con pelos medianos. El tamaño de la vaina es de 30.42 cm. La aurícula es de tipo deltoide. La lígula tiene forma de cuarto creciente y tiene una anchura mediana de 4.2 mm y de largo mide 5.78 cm. La adherencia de la vaina al tallo es débil. El collar presenta la forma deltoide y color verde aceituna. La copa es de conformación abierta, de tamaño grande, mide 174.90 cm, con el cogollo normal. Presenta escasos chupones de agua, de 1 a 2 brotes por cepa, lo que es normal. Presenta lalas en todas las cepas. El despaje de la hoja es excelente, ya que no presenta dificultad para desprenderse (**Figura 18.**).

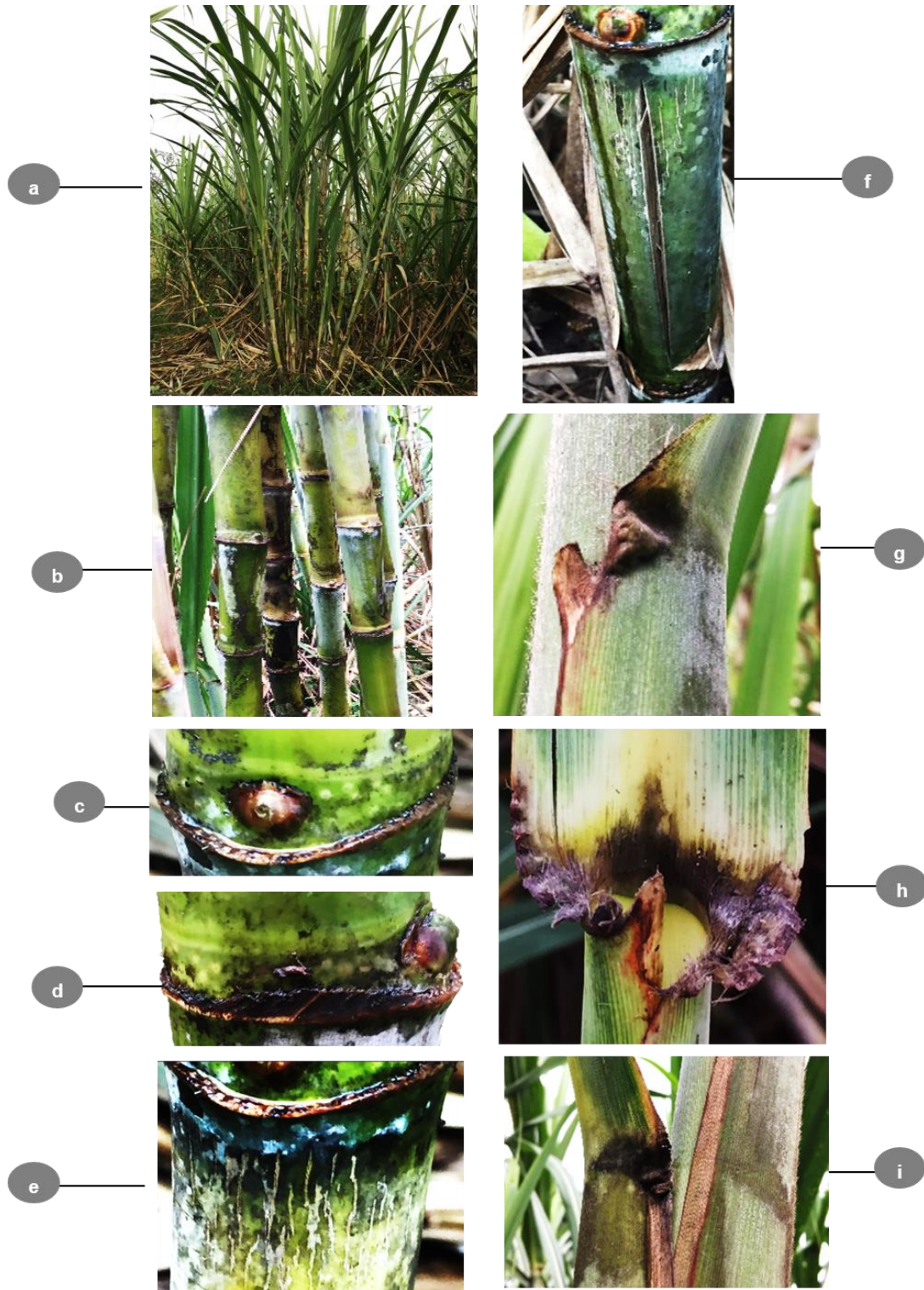


Figura 18. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-212 (Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-217
Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce multiparental CMI V proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.65 m de altura, considerados como medianos. Muestran un hábito de crecimiento postrado, inclinado a más de 45 °, en forma de canasta. Sus entrenudos tienen zigzag suave con un aspecto longitudinal cóncavo-convexo con una longitud mediana de 12.64 cm y un diámetro grueso de 3.38 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de color morado-verdoso y los no expuestos al sol presentan un matiz púrpura con amarillo, abundante cera. No presentan canal de la yema visible. El aspecto de la corteza es lisa y presenta grietas poco profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 73 mm del lado opuesto de la yema y de 95 mm en el lado de la yema, presenta una coloración morado-verdosa. La forma de banda de raíces es cónica. La yema es ovalada, angosta, de color morado-verdoso, con pubescencia abundante en la parte basal. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y de forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 2 mm. Las hojas son largas (188 cm de longitud), y de anchura mediana con 6.4 cm. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido, y presenta pubescencia regular en la lámina y en el borde. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados, pubescencia abundante con pelos medianos. El tamaño de la vaina es de 38.44 cm. La aurícula es de tipo lanceolada, corta. La lígula tiene forma de cuarto creciente y tiene una anchura mediana de 6 mm y de largo mide 5.22 cm. La adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma deltoide y color verde-café oscuro. La copa es de conformación semiabierta, grande, mide 199.8 cm, con el cogollo normal. Los chupones de agua son escasos, de 3 a 5 brotes por cepa, lo que es normal. No presenta lalas. El despaje de la hoja es excelente, ya que no presenta dificultad para desprenderse (**Figura 19**).

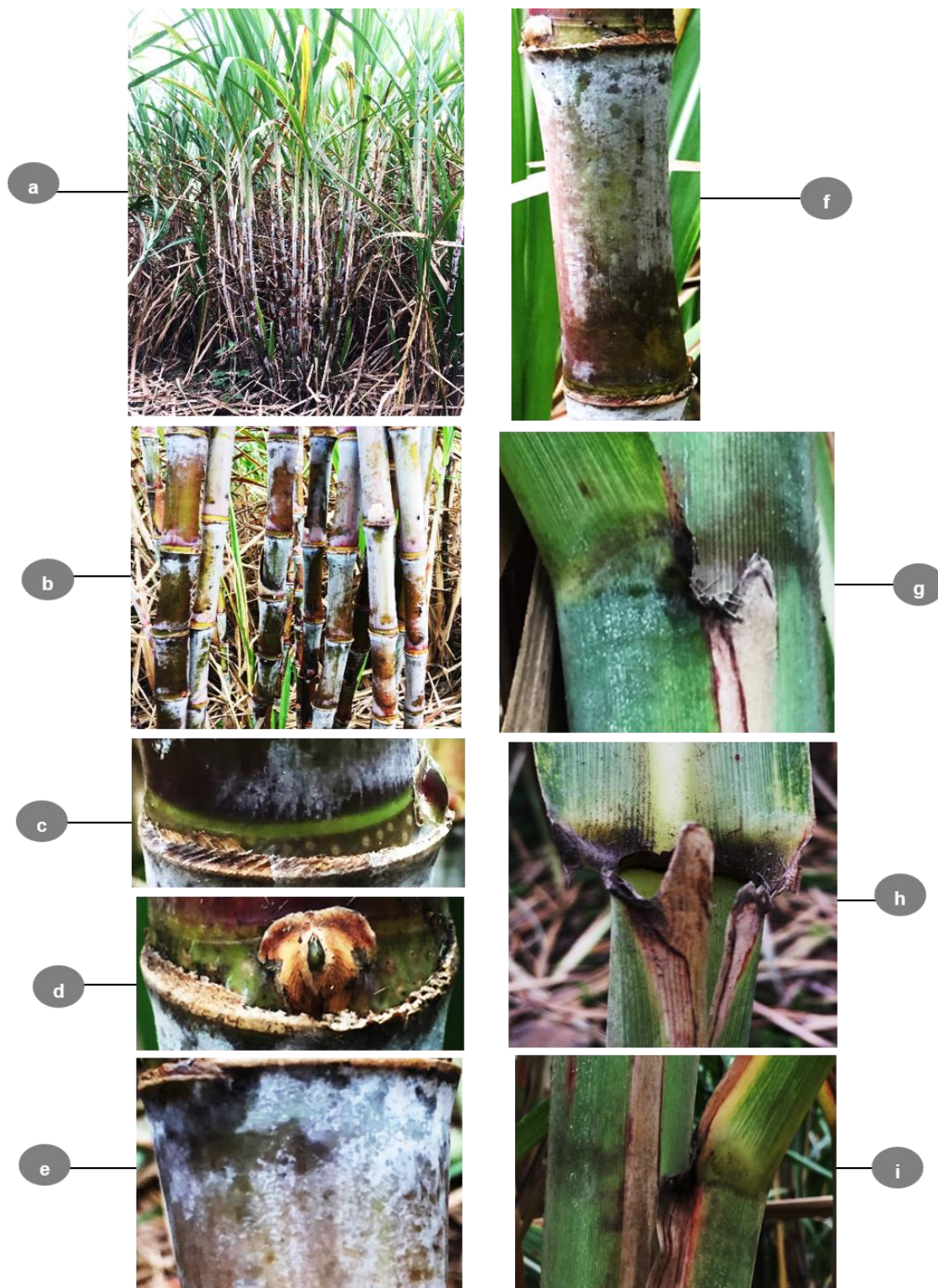


Figura 19. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-217 (Progenitores: LTMex 92-52 x ζ ?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-220
Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?

Características botánicas

El híbrido fue obtenido de la cruce multiparental CMI V proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 3.20 m de altura, considerados como medianos. Muestran un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos tienen un zigzagado débil, con un aspecto longitudinal abobinado, una longitud mediana de 13.87 cm y un diámetro grueso de 3.14 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de color morado-verdoso y los no expuestos al sol presentan una coloración de amarillo, con abundante cera brillante. El canal de la yema mide 10 cm en la mayoría de entrenudos, además de ser profundo y ancho. La corteza es semirugosa y presenta grietas profundas y angostas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 80 mm del lado opuesto de la yema y de 1.1 cm en el lado de la yema, de color verde-amarillento. La forma de banda de raíces es cilíndrica. La yema es triangular, alta, de color verde con pubescencia abundante en las partes apical, lateral y basal. La yema sobrepasa el anillo de crecimiento, es grande y plana. La anchura del ala de la yema es de 1 mm. Las hojas son largas con 175.60 cm de longitud, y de anchura media con 6.1 cm de ancho. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido, y presenta pubescencia abundante en la lámina y en el borde de la hoja. La vaina presenta regular cera y es de color verde, la pubescencia es abundante con pelos largos. El tamaño de la vaina es de 33.76 cm. La aurícula es de tipo lanceolada larga. La lígula tiene forma de arco y tiene una anchura mediana de 4.8 mm y de largo mide 6.36 cm. La adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma deltoide y color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, de tamaño grande, mide 178.8 cm. Presenta floración abundante. Presenta escasos chupones de agua, de 1 a 2 brotes por cepa, lo que es normal. También presenta algunas lalas. El despaje de la hoja es excelente, porque no presenta dificultad para desprenderse (**Figura 20**).

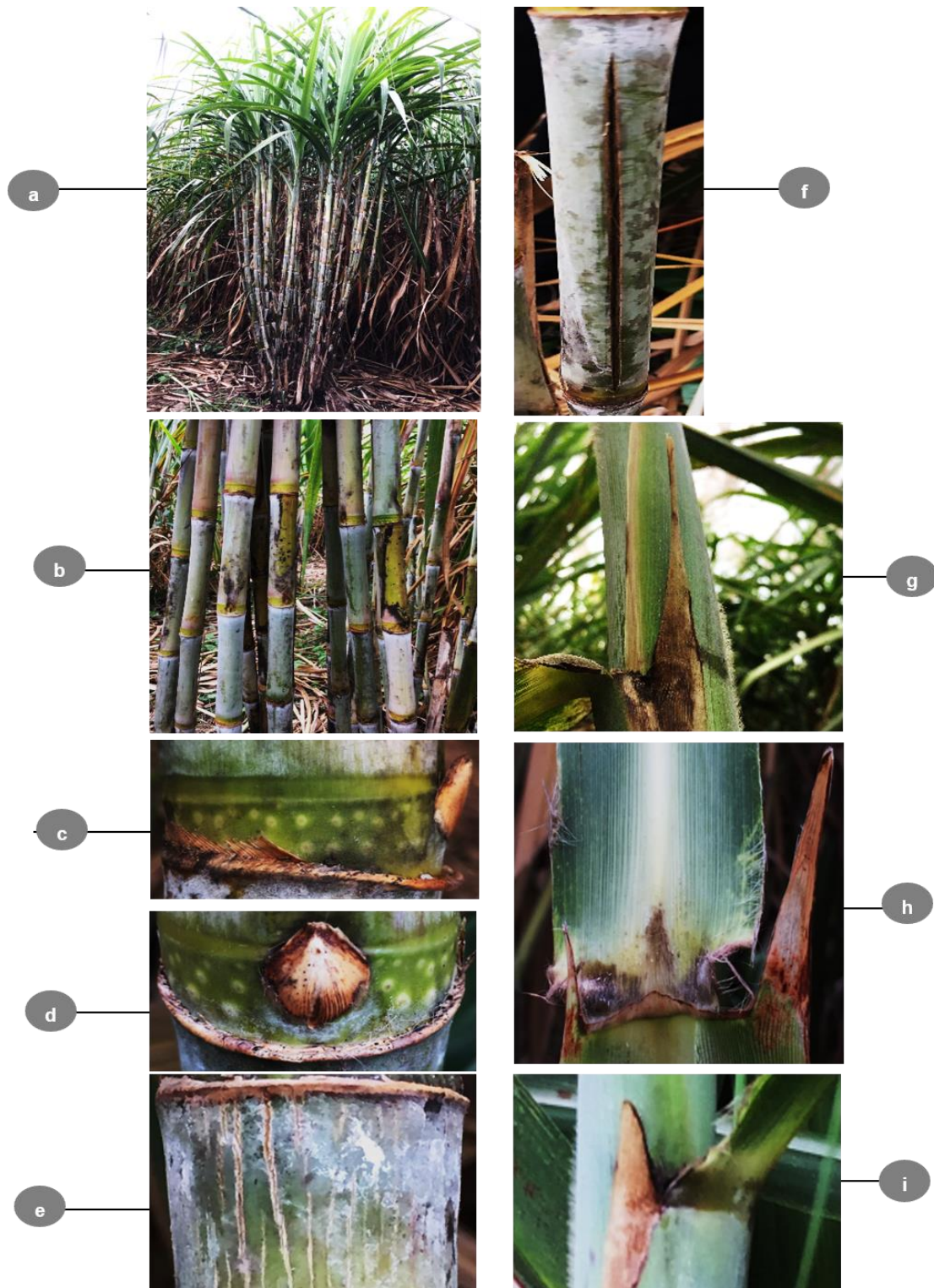


Figura 20. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-220 (Progenitores: LTMex 92-52 x ζ ?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-221
Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce multiparental CMI V proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.84 m de altura considerados como medianos y con un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos tienen un zigzaguo fuerte con un aspecto longitudinal abarrilado, una longitud de 15.89 cm y un diámetro grueso de 3.83 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de color verde-amarillento y los no expuestos al sol presentan una coloración amarilla, abundante cera brillante. No presenta el canal de la yema. El aspecto de la corteza es semirugoso y presenta grietas profundas angostas y largas, abarcando el entrenudo completamente. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 73 mm del lado opuesto de la yema y de 1.05 cm en el lado de la yema, de coloración verde-amarillenta. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es redonda con poro central de color verde con pubescencia abundante en las partes apical, lateral y basal. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 1 mm. Las hojas son medianas, de 147.20 cm de longitud, y una anchura mediana de 6.94 cm. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido, y presenta pubescencia escasa en la lámina y en el borde de la hoja es rala. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados, pubescencia abundante con pelos largos. La longitud de la vaina es de 36 cm. La aurícula es de tipo lanceolada corta, la lígula tiene forma deltoide y tiene una anchura mediana de 5.2 mm y de largo mide 5.72 cm, la adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma deltoide y color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, el tamaño de la copa es grande, mide 153.20 cm. Muestra floración desarrollada completamente. Los tallos molederos bien desarrollados muestran acame frecuente. Presenta muy escasos chupones de agua, ocasionalmente 1 brote por cepa, pero si presenta lalas en exceso, en particular los tallos que presentan acame. El despaje de la hoja es excelente, porque no presenta dificultad para desprenderse (**Figura 21**).

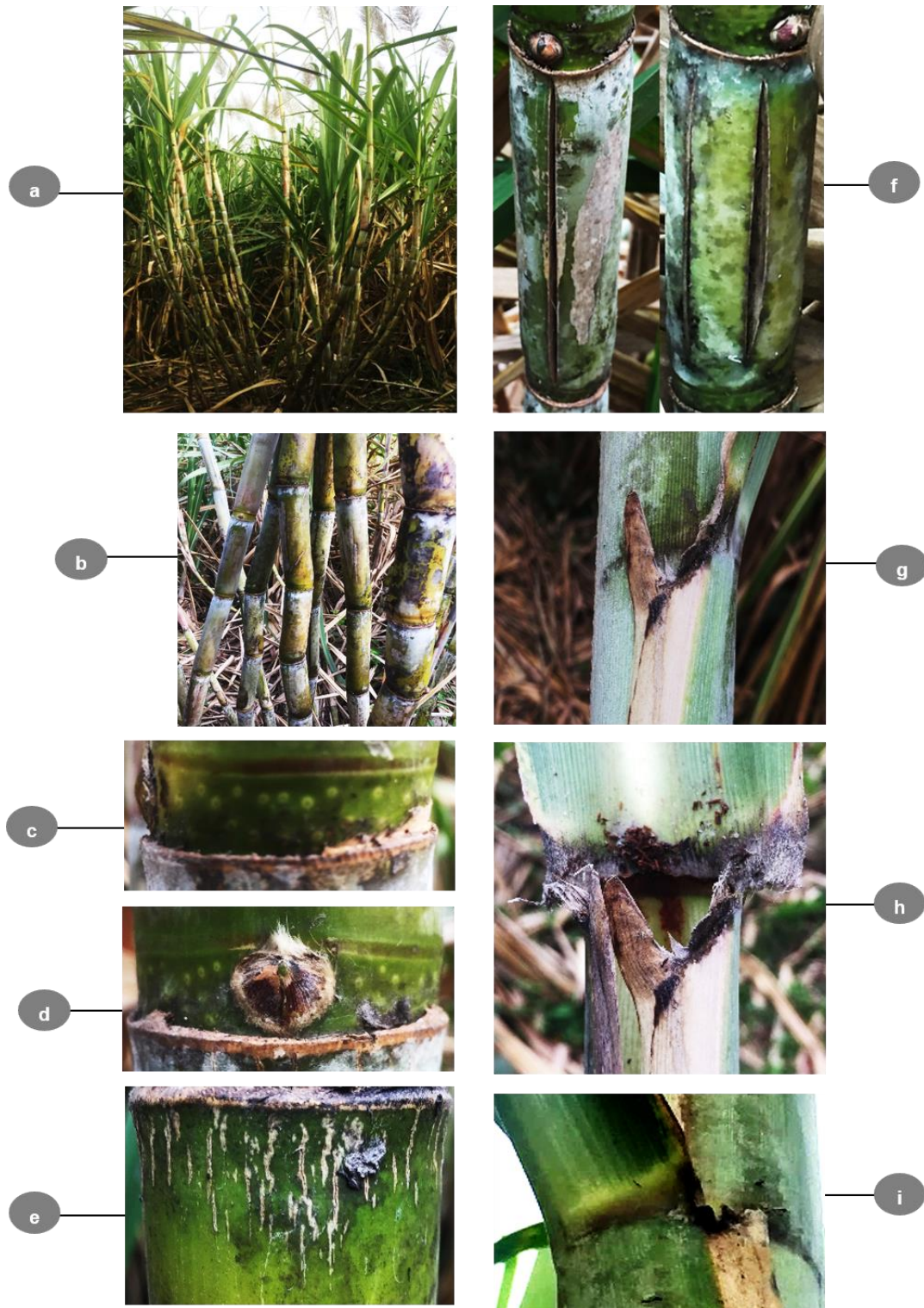


Figura 21. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-221 (Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-222
Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce multiparental CMI V proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 3.10 m de altura, considerados como medianos. Muestran un hábito de crecimiento erecto. Sus entrenudos tienen un zigzaguo débil con un aspecto longitudinal cónico-conoidal, una longitud mediana de 14.48 cm y un diámetro grueso de 3.40 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de color morado-verdoso y los no expuestos al sol presentan un matiz de amarillo-púrpura con escasa cera opaca. No presenta el canal de la yema. La corteza muestra un aspecto semirugoso o poco rugoso, y presenta grietas profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 70 mm del lado opuesto de la yema y de 98 mm en el lado de la yema, presenta una coloración de púrpura. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es redonda con poro central de color morado-verdoso con pubescencia regular en la parte apical, lateral y basal. La yema toca el anillo de crecimiento ligeramente, es de tamaño mediano y forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 2.6 mm. Las hojas son medianas, de 138.20 cm de longitud, y de 5.56 cm de ancho. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde oscuro y no presenta pubescencia en la lámina y en el borde de la hoja es densa. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados, muestra pubescencia abundante con pelos largos. La longitud de la vaina es de 30.60 cm. La aurícula es de tipo lanceolada corta. La lígula tiene forma de cuarto creciente y tiene una anchura mediana de 4.6 mm y de largo mide 5.28 cm. La adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma deltoide y color verde aceituna. La copa es de conformación abierta, de tamaño grande, mide 176 cm, con floración desarrollada completamente. Presenta pocos chupones de agua, de 2 a 3 brotes por cepa, lo que es normal. Presenta escasas lalas. El despaje de la hoja es excelente, porque no presenta dificultad para desprenderse (**Figura 22.**).

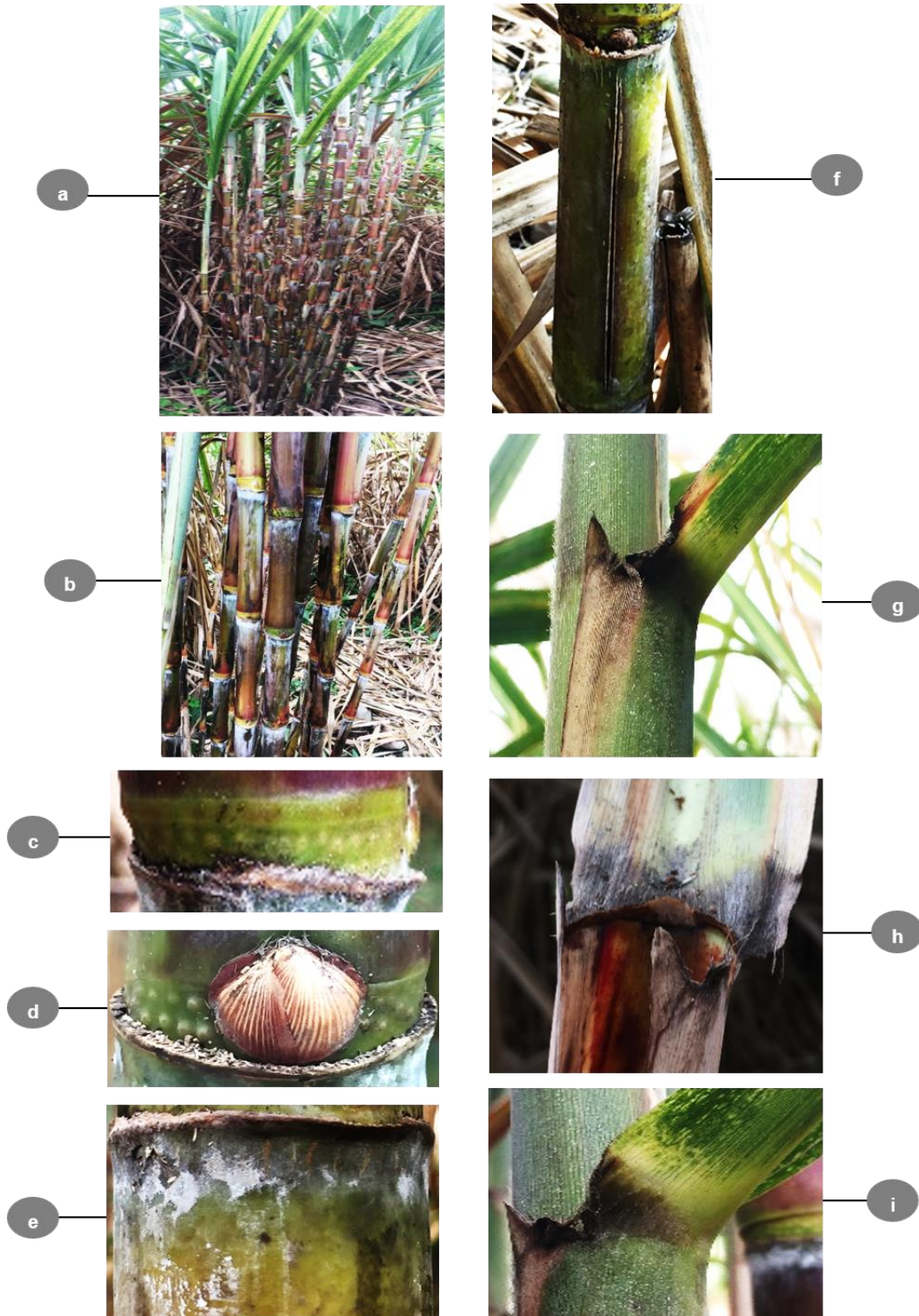


Figura 22. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-222 (Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-223
Progenitores: LTMex 92-52 x ¿?

Características botánicas

El híbrido fue obtenido de la cruce multiparental CMI V proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.98 m de altura considerados como medianos y con un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos tienen un zigzagado moderado con un aspecto longitudinal cónico-conoidal, una longitud mediana, de 12.27 cm y un diámetro grueso, de 3.41 cm. El color de los entrenudos expuestos al sol es morado-verdoso y los no expuestos al sol presentan un matiz de verde-púrpura y amarillo con abundante cera opaca. El canal de la yema está ausente. La corteza muestra un aspecto muy rugoso y presenta grietas poco profundas y angostas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.6 mm del lado opuesto de la yema y de 1.03 cm en el lado de la yema, presenta una coloración de morado-verdosa. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es pentagonal de color morado-verdoso con pubescencia escasa en la parte apical. La yema no toca el anillo de crecimiento, es mediana en tamaño y de forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 2.4 mm. Las hojas son de tamaño mediano, de 121 cm de longitud, y angostas (3.72 cm de ancho). La conformación de la copa es erecta, con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido y no presenta pubescencia en la lámina ni en el borde de la hoja. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados, no tiene pubescencia. La longitud de la vaina es de 31.10 cm. La aurícula es de tipo transitoria ascendente. La lígula tiene forma de cuarto creciente y tiene una anchura mediana de 3.4 mm y de largo mide 5.48 cm. La adherencia de la vaina es fuerte, ya que presenta dificultad para desprenderse. El collar presenta la forma deltoide y color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, el tamaño de la copa es grande mide 161.2 cm, con floración desarrollada completamente. Presenta pocos chupones de agua, de 4 a 5 brotes por cepa, lo que es considerado normal. La presencia de lalas es abundante. El despaje de la hoja es malo, porque presenta dificultad para desprenderse (**Figura 23**).

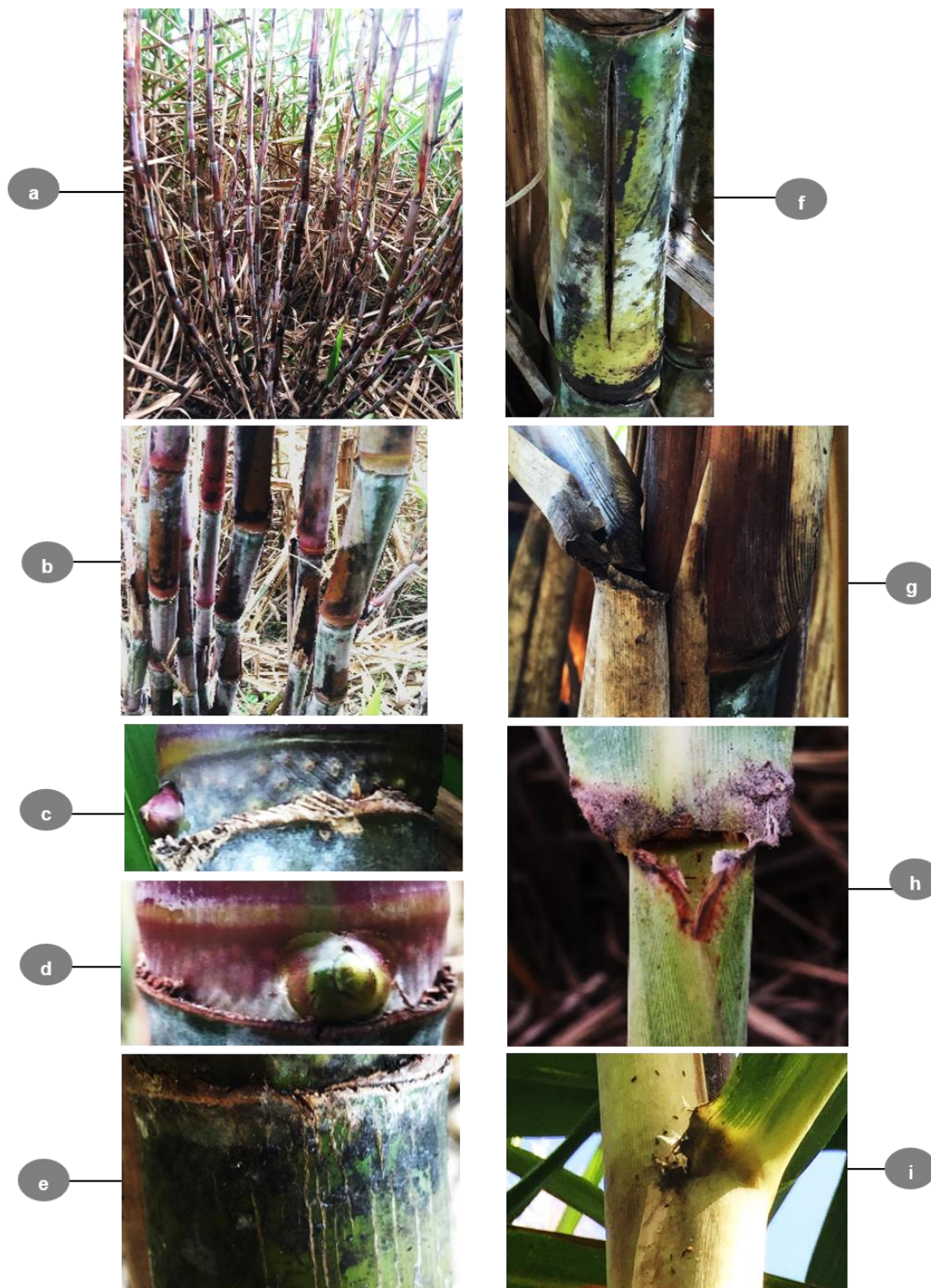


Figura 23. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-223 (Progenitores: LTMex 92-52 x ζ ?). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-245
Progenitores: CP 88-1870 x CP 1161

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 805 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.92 m de altura, considerados de tamaño mediano. Muestran hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos tienen un zigzagado suave con un aspecto longitudinal cóncavo-convexo, una longitud mediana de 13.44 cm y un diámetro grueso de 3.29 cm. El color de los entrenudos expuestos al sol es verde-amarillento y los no expuestos al sol presentan la misma coloración con abundante cera brillante y el canal de la yema es ausente. La corteza muestra un aspecto rugoso, y presenta grietas poco profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.6 mm del lado opuesto de la yema y de 9.9 mm en el lado de la yema, es de color verde-amarillento. La banda de raíces es de forma cilíndrica. La yema es redonda con poro central de color verde con pubescencia abundante en la parte basal, lateral y apical. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y de forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 2.0 mm. Las hojas son de longitud mediana, de 121.40 cm, y angostas, de 4.46 cm ancho. La conformación de la copa es erecta. El color de la hoja es verde oscuro y la pubescencia en la lámina es regular, en el borde de la hoja es rala. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados, sin pubescencia. La longitud de la vaina es de 30.14 cm. La aurícula es deltoide. La lígula tiene forma de cuarto creciente y tiene una anchura mediana de 3.2 mm y de largo mide 5 cm y la adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma deltoide y color verde aceituna. La copa es de conformación abierta, tamaño medio, mide 138.60 cm, con floración en forma de espiga, muy abundante. Presenta un número normal de chupones de agua, de 3 a 5 brotes por cepa. La presencia de lalas es escasa. El despaje de la hoja es bueno, porque se desprende sola al jalarla (**Figura 24**).



Figura 24. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-245 (Progenitores: CP 88-1870 x CP 1161). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-253
Progenitores: PR 61-632 x CP 80-1743

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 774 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.75 m de altura considerados como medianos y con un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos tienen un zigzagado débil con un aspecto longitudinal cónico conoidal, una longitud larga de 15.20 cm y un diámetro grueso de 4.31 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de color rojo-verdoso y los no expuestos al sol presentan un verdoso-amarillo con abundante cera opaca. El canal de la yema es de mediana a corta profundidad, de 2.40 cm. La corteza muestra superficie lisa y presenta grietas profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.7 mm del lado opuesto de la yema y de 1.03 cm en el lado de la yema, presenta una coloración de verde-morado. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es triangular, corta, de color morado-verdoso con pubescencia regular en la parte basal y apical. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y de forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 2.2 mm. Las hojas presentan una longitud larga de 165.20 cm y una anchura angosta de 5.14 cm de la hoja. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde oscuro, sin pubescencia en la lámina, y con mediana pubescencia en el borde. La vaina presenta abundante cera y es de color verde, con abundante pubescencia y pelos largos. La longitud de la vaina es de 32.72 cm. La aurícula es lanceolada larga. La lígula tiene forma lineal y tiene una anchura 5.6 mm y de largo mide 5.52 cm y la adherencia de la vaina es débil. El collar presenta forma ligular y color verde marrón. La copa es de conformación abierta, de tamaño grande, mide 176.20 cm. Desarrolla abundante floración. También desarrolla chupones de agua, de 1 a 3 brotes por cepa por lo que es normal. También presenta escasas lalas. El despaje de la hoja es bueno, porque se desprende sola al jalarla (**Figura 25.**).

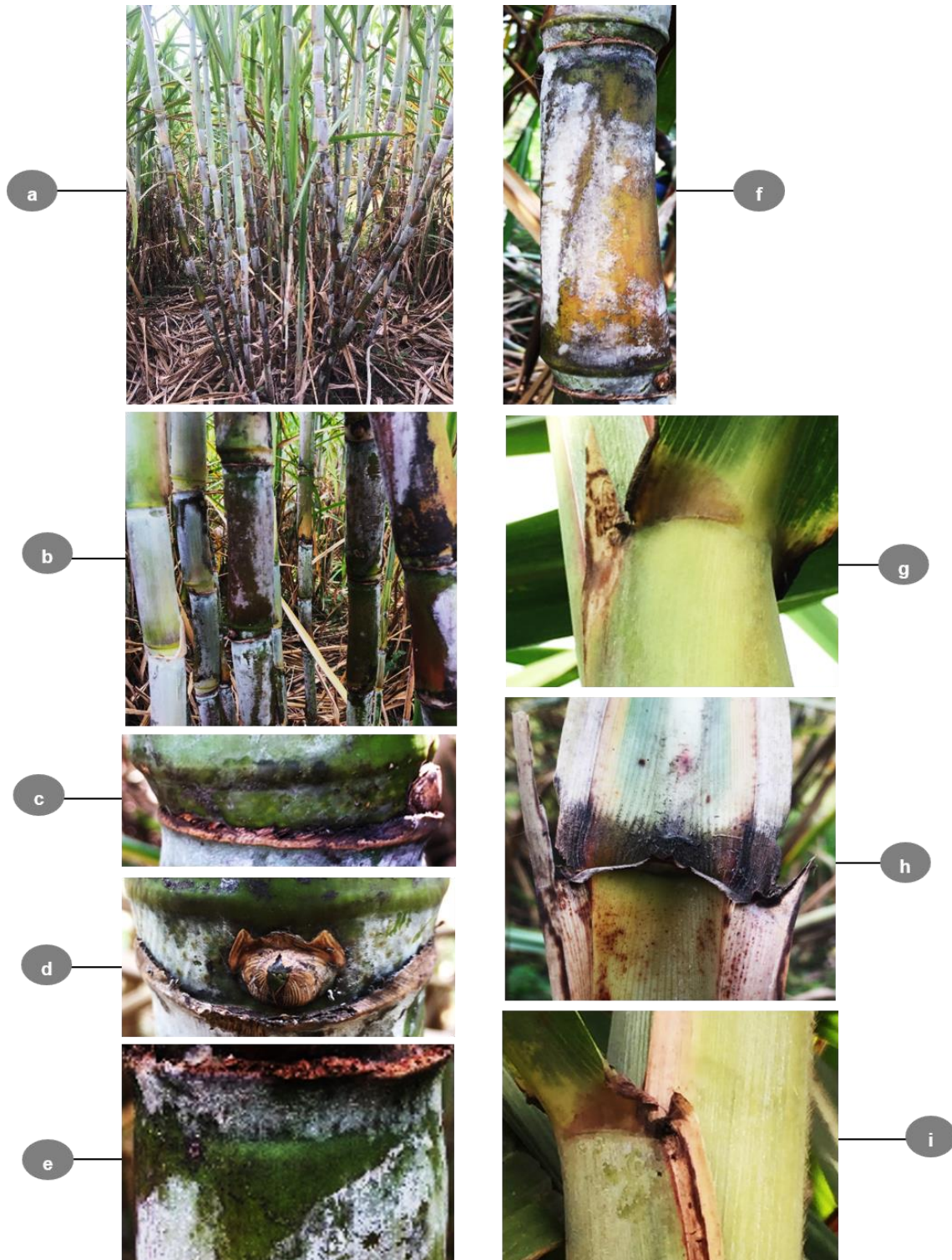


Figura 25. Características botánicas del híbrido COLPOSCCMEX 09-253 (Progenitores: PR 61-632 x CP 80-1743). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-254
Progenitores: PR 61-632 x CP 80-1743

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 774 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.98 m de altura, considerados como medianos. Muestran hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos tienen un zigzagado débil con un aspecto longitudinal abobinado, una longitud larga de 16.50 cm y un diámetro grueso de 3.65 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de color morado-verdoso y los no expuestos al sol son púrpura-amarillento con abundante cera brillante. El canal de la yema es profundo, de 9 cm. El aspecto de la corteza es semirugoso y presenta grietas muy profundas y anchas, en su mayoría cubren el entrenudo completo. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 9.0 mm del lado opuesto de la yema y de 1.13 cm en el lado de la yema, de coloración de morado-verdosa. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es triangular, alta, de color morado-verdoso con pubescencia escasa en la parte apical. La yema sobrepasa el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y forma plana. La anchura del ala de la yema es de 1.6 mm. Las hojas presentan una longitud mediana (151.60 cm), y son angostas (5.92 cm). La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde oscuro, con pubescencia regular en la lámina, y en el borde de la hoja no presenta. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados, con abundante pubescencia con pelos medianos. La longitud de la vaina es de 35.20 cm. La aurícula es lanceolada corta. La lígula tiene forma de cuarto creciente y tiene una anchura de 7.20 mm y de largo mide 5.90 cm. La adherencia de la vaina es media. El collar presenta la forma deltoide y color verde marrón. La copa es de conformación semiabierta, de tamaño grande, mide 162 cm. Presenta floración. Desarrolla escasos chupones de agua, de 1 a 2 brotes por cepa, lo cual es considerado normal. También desarrolla lalas de forma regular. El despaje de la hoja es regular por que presenta cierta dificultad para desprenderla del tallo (**Figura 26.**).



Figura 26. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-254 (Progenitores: PR 61-632 x CP 80-1743). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-273
Progenitores: PR 61-632 x CP 80-1743

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 774 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.86 m de altura, considerados como medianos. Muestran hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos tienen un zigzagado débil con un aspecto longitudinal cónico-conoidal, una longitud mediana de 13.36 cm y un diámetro grueso de 3.99 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de color púrpura y los no expuestos al sol presentan tonalidad morado-verdoso con abundante cera brillante. El canal de la yema es profundo, de 10.8 cm además de ser ancho. La corteza es de aspecto rugoso, con grietas poco profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 8.0 mm del lado opuesto de la yema y de 1.10 cm en el lado de la yema, presenta una coloración de morado-verdosa. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es triangular, alta, de color morado-verdoso con pubescencia regular en las partes basal, apical y lateral. La yema toca el anillo de crecimiento ligeramente, es de tamaño mediano y forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 2.0 mm. Las hojas son medianas (124.80 cm de longitud) y angostas (de 5.10 cm). La conformación de la copa es erecta, el color de la hoja es verde pálido y la pubescencia en la lámina y en el borde de la hoja es rala. La vaina presenta escasa cera y es de color verde, la pubescencia es abundante con pelos cortos. La longitud de la vaina es de 31.26 cm. La aurícula es transitoria horizontal. La lígula tiene forma lineal y tiene una anchura ancha de 5.20 mm y de largo mide 5.80 cm. La adherencia de la vaina es media. El collar presenta la forma deltoide y color verde marrón. La copa es de conformación abierta, de tamaño mediano, mide 142.20 cm. Presenta con floración completamente desarrollada. Los chupones de agua son escasos, hasta brotes por cepa, lo cual es considerado. Presenta escasas lalas. El despaje de la hoja es malo por que presenta mayor dificultad para desprenderla (**Figura 27.**).

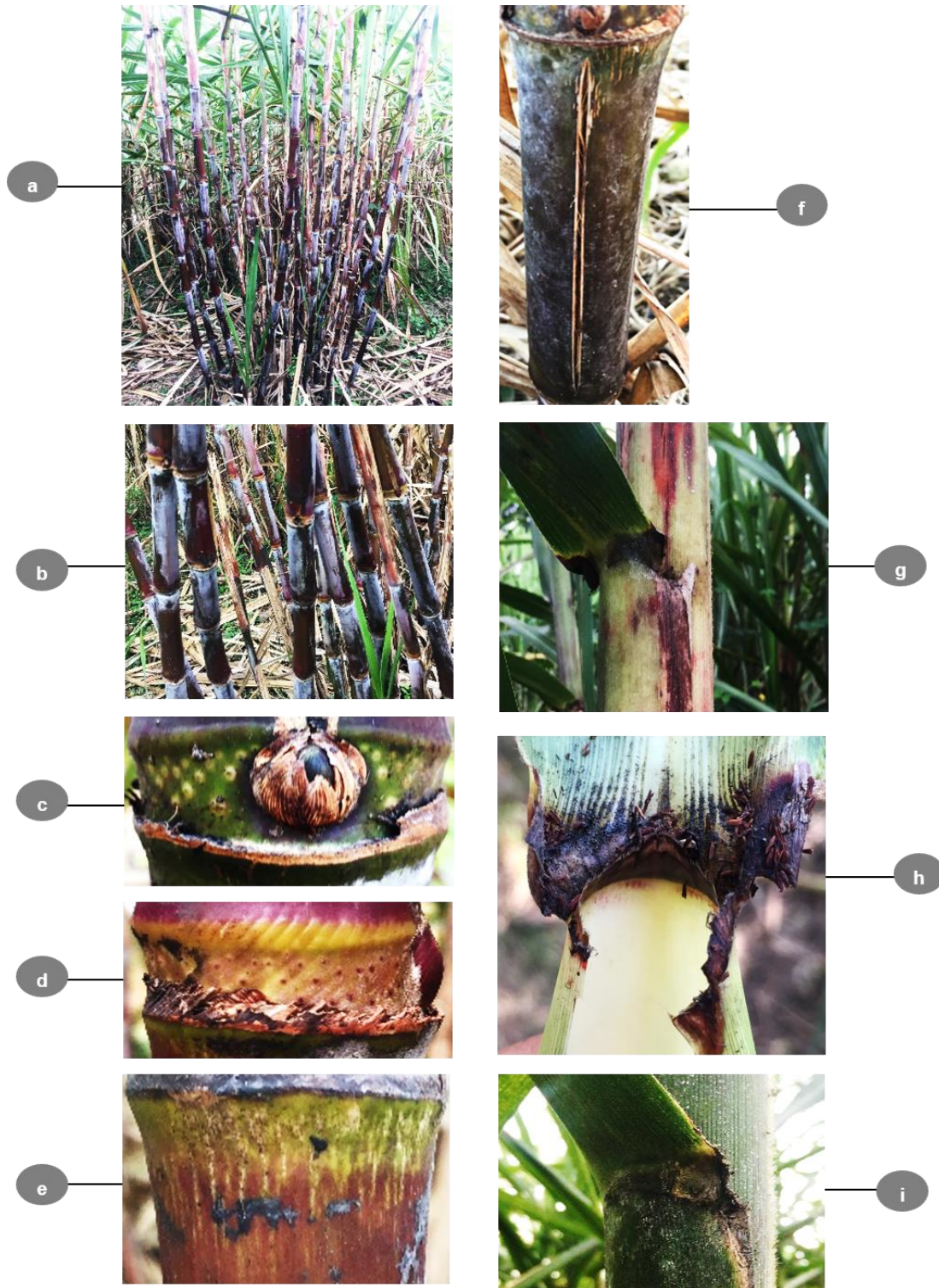


Figura 27. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-273 (Progenitores: PR 61-632 x CP 80-1743). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-289

Progenitores: Mex 79-431 x CP 89-2377

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce biparental 207 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.64 m de altura, considerados como medianos y con un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos tienen un zigzagado débil con un aspecto longitudinal cilíndrico, una longitud mediana de 11.51 cm y un diámetro grueso de 4.33 cm. Los entrenudos expuestos al sol son color verde-amarillento y los no expuestos al sol presentan un color morado-verdoso con abundante cera opaca y el canal de la yema ausente. El aspecto de la corteza es liso y presenta grietas poco profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.9 mm del lado opuesto de la yema y de 1.23 cm en el lado de la yema, presenta una coloración de morado-verdosa. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es oval de color amarillo-verdoso con matices púrpura con pubescencia abundante en las partes basal, apical y lateral. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento, es grande de tamaño y de forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 2.40 mm. Las hojas son de tamaño medio, de 146.60 cm de longitud, y angosta, de 5.90 cm de ancho. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido y la pubescencia en la lámina foliar es regular y en el borde de la hoja no presenta. La vaina presenta abundante cera y es de color verde, la pubescencia es regular con pelos cortos. La longitud de la vaina es de 37.72 cm. La aurícula es lanceolada y larga. La lígula tiene forma de cuarto creciente y tiene una anchura de 5.00 mm y de largo mide 6.02 cm. La adherencia de la vaina al tallo es fuerte. El collar presenta la forma deltoide y color verde marrón. La copa es de conformación semiabierta, de tamaño grande, mide 162 cm. Presenta floración abundante. Los chupones de agua son escasos, hasta 3 brotes por cepa, lo que se considera normal. Presenta escasas lalas. El despaje de la hoja es malo ya que presenta dificultad para desprenderla (**Figura 28**).

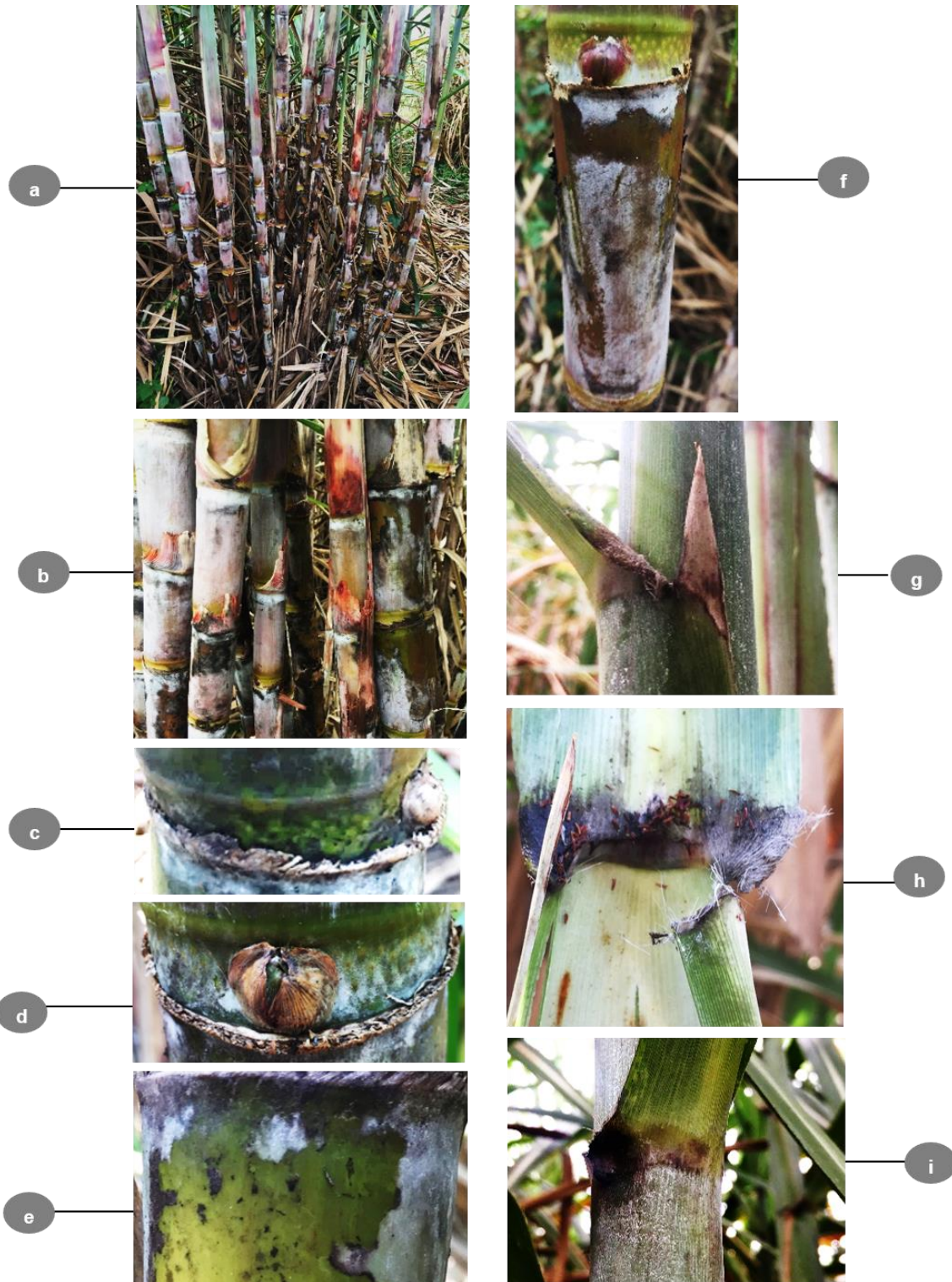


Figura 28. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-289 (Progenitores: Mex 79-431 x CP 89-2377). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-290
Progenitores: Mex 79-431 x CP 89-2377

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 707 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 3.02 m de altura considerados como medianos y con un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos son rectos, no presentan zigzagado, y muestran aspecto longitudinal abobinado, una longitud mediana de 13.99 cm y un diámetro grueso de 3.47 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de color verde-púrpura y los no expuestos al sol presentan un color morado-amarillento con abundante cera opaca y el canal de la yema medio profunda con 3.5 cm. El aspecto de la corteza es semirugoso y presenta grietas poco profundas, pero abarcando casi todo el entrenudo. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.3 mm del lado opuesto de la yema y de 1.02 cm en el lado de la yema, presenta una coloración morado-verdosa y la forma de banda de raíces es cilíndrica. La yema es triangular, alta, de color morado-verdoso con pubescencia escasa en la parte lateral. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento, es de tamaño grande y de forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 2.40 mm. Las hojas son medianas, de 155.80 cm de longitud, y una anchura mediana de 6.44 cm. La conformación de la copa es erecta, el color de la hoja es verde oscuro y la pubescencia en la lámina es regular y en el borde de la hoja no presenta. La vaina presenta abundante cera y es de color verde, la pubescencia es regular con pelos cortos. La longitud de la vaina es de 25.40 cm. La aurícula es lanceolada y corta. La lígula tiene forma deltoide, con 6.20 mm de ancho, y 5.60 cm de largo. La adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma ligular y color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, de tamaño grande, mide 161 cm, con el cogollo normal. Los chupones de agua son muy escasos, solo 1 brote por cepa, lo que se considera normal. Las lalas son ausentes en el tallo. El despaje de la hoja es excelente por que se cae sola para desprenderla (**Figura 29**).



Figura 29. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-290 (Progenitores: Mex 79-431 x CP 89-2377). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-304
Progenitores: Mex 91-344 x LGM 92-156

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 603 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 3.00 m de altura considerados como medianos. Muestran un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos son rectos, no presentan zigzagado, y muestran un aspecto longitudinal cónico conoidal, una longitud mediana de 11.20 cm y un diámetro grueso de 3.29 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de color púrpura-verdoso y los no expuestos al sol presentan un color amarillo-púrpura con abundante cera opaca y el canal de la yema es ausente. La corteza muestra un aspecto liso, y presenta grietas poco profundas, pero abarcando casi todo el entrenudo. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 5.3 mm del lado opuesto de la yema y 8.6 mm en el lado de la yema, presenta una coloración de morado-verdosa. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es redonda con poro central de color morado, con pubescencia abundante en las partes basal, lateral y apical. La yema sobrepasa el anillo de crecimiento, es de tamaño mediano y forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 2.60 mm. Las hojas son medianas, de 144.00 cm de longitud, y angostas, de 5.78 cm de ancho. La conformación de la copa es erecta. El color de la hoja es verde oscuro y la pubescencia en la lámina es regular y en el borde de la hoja es media. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados, pubescencia ausente. La longitud de la vaina es de 32.32 cm. La aurícula es lanceolada larga. La lígula tiene forma cuarto creciente y tiene una anchura ancha de 6.40 mm y de largo mide 6.16 cm. La adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma ligular y rectangular y es de color verde café oscuro. La copa es de conformación cerrada, de tamaño pequeño, mide 150 cm, con el cogollo normal en su mayoría y presencia de floración. Los chupones de agua son pocos, de 2 a 3 brotes por cepa, lo que es normal. No muestra presencia de lalas. El despaje de la hoja es regular por que presenta cierta dificultad para desprenderla (**Figura 30.**).

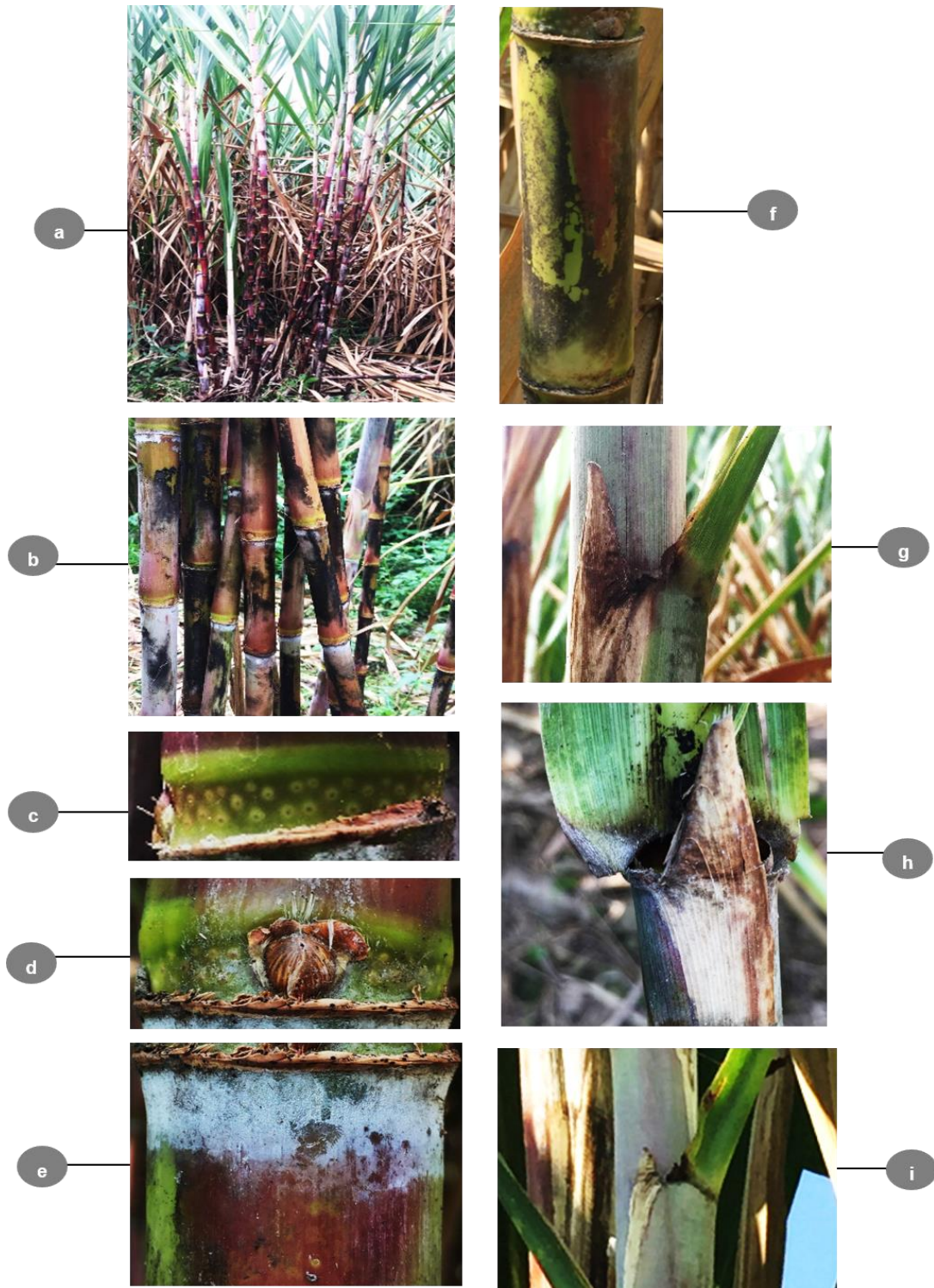


Figura 30. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-304 (Progenitores: Mex 91-344 x LGM 92-156). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-311
Progenitores: ITV 92-1424 x B 45-181

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 529 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 3.10 m de altura, considerados como medianos. Muestran un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos presentan un zigzaguo débil con un aspecto longitudinal cónico conoidal, una longitud larga de 15.75 cm y un diámetro grueso de 3.17 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de color verde-amarillento y los no expuestos al sol presentan color amarillo-verdoso con abundante cera brillante. El canal de la yema es poco profundo, ancho y mide 10 cm, aunque no se presenta en todos los entrenudos. El aspecto de la corteza es liso y presenta grietas profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 7.5 mm del lado opuesto de la yema y de 1.04 cm en el lado de la yema, es color verde. La forma de banda de raíces es cilíndrica. La yema es triangular, alta, de color verde-amarillento con pubescencia escasa en la parte lateral. La yema sobrepasa el anillo de crecimiento, el tamaño es mediano y forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 4.40 mm. Las hojas son largas, de 169.40 cm de longitud, y de mediana anchura, miden 6.30 cm. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado. El color de la hoja es verde pálido, con escasa pubescencia en la lámina, y el borde de la hoja es ralo. La vaina presenta abundante cera y es de color verde, la pubescencia es ausente. La longitud de la vaina es de 39.64 cm. La aurícula es lanceolada larga. La lígula tiene forma cuarto creciente y tiene una anchura ancha de 6.20 mm y de largo mide 5.56 cm. La adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma deltoide y es de color verde café oscuro. La copa es de conformación abierta, el tamaño de la copa es grande, mide 190.20 cm. Presenta floración y tiende al acame. Los chupones de agua son pocos, de 3 a 4 brotes por cepa, lo que es normal. Los tallos erectos no presentan lalas, pero los que se acaman desarrollan abundantes lalas. El despaje de la hoja es excelente ya que se desprende sola (**Figura 31.**).

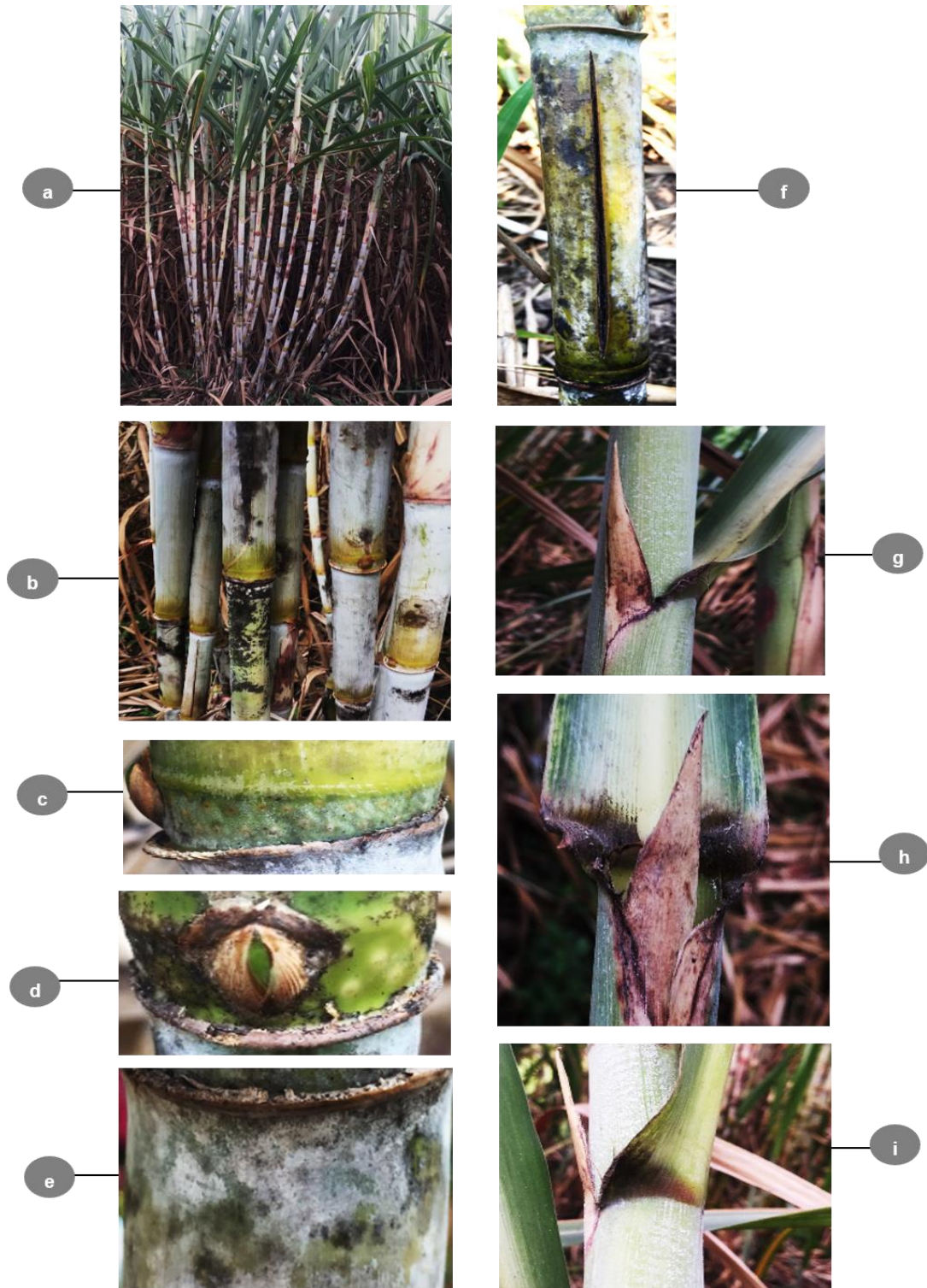


Figura 31. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-311 (Progenitores: ITV 92-1424 x B 45-181). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-312
Progenitores: ITV 92-1424 x B 45-181

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce biparental 529 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.63 m de altura considerados como medianos y con un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos presentan un zigzagado débil con un aspecto longitudinal cónico conoidal, una longitud mediana de 11.86 cm y un diámetro grueso de 3.66 cm. El color de los entrenudos expuestos al sol es verde y los no expuestos al sol presentan un verde-púrpura con abundante cera brillante. El canal de la yema es poco profundo, mide 3.00 cm, aunque tiende a desaparecer. La corteza es de aspecto rugoso, y presenta grietas muy profundas y anchas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 6.6 mm del lado opuesto de la yema y de 9.4 mm en el lado de la yema, es color verde. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es triangular, alta, de color verde con pubescencia abundante en las partes basal, apical y lateral. La yema sobrepasa el anillo de crecimiento, es grande y abultada. La anchura del ala de la yema es de 1.80 mm. Las hojas son largas, de 203.40 cm de longitud, y angostas, de 5.82 cm de ancho. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado, con hojas de color verde oscuro, escasa pubescencia en la lámina, y media en el borde. La vaina presenta abundante cera y es de color verde, presenta abundante pubescencia, con pelos medianos. La longitud de la vaina es de 30.08 cm. La aurícula es lanceolada larga. La lígula tiene forma deltoide y tiene una anchura ancha de 6.20 mm y de largo mide 6.22 cm y la adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma deltoide y es de color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, grande, mide 224.40 cm. Presenta escasa floración. Presenta pocos chupones de agua, de 3 a 4 brotes por cepa, lo que se considera normal. Presenta pocas lalas, hasta 3 por cepa. El despaje de la hoja es excelente ya que se desprende sola (**Figura 32.**).

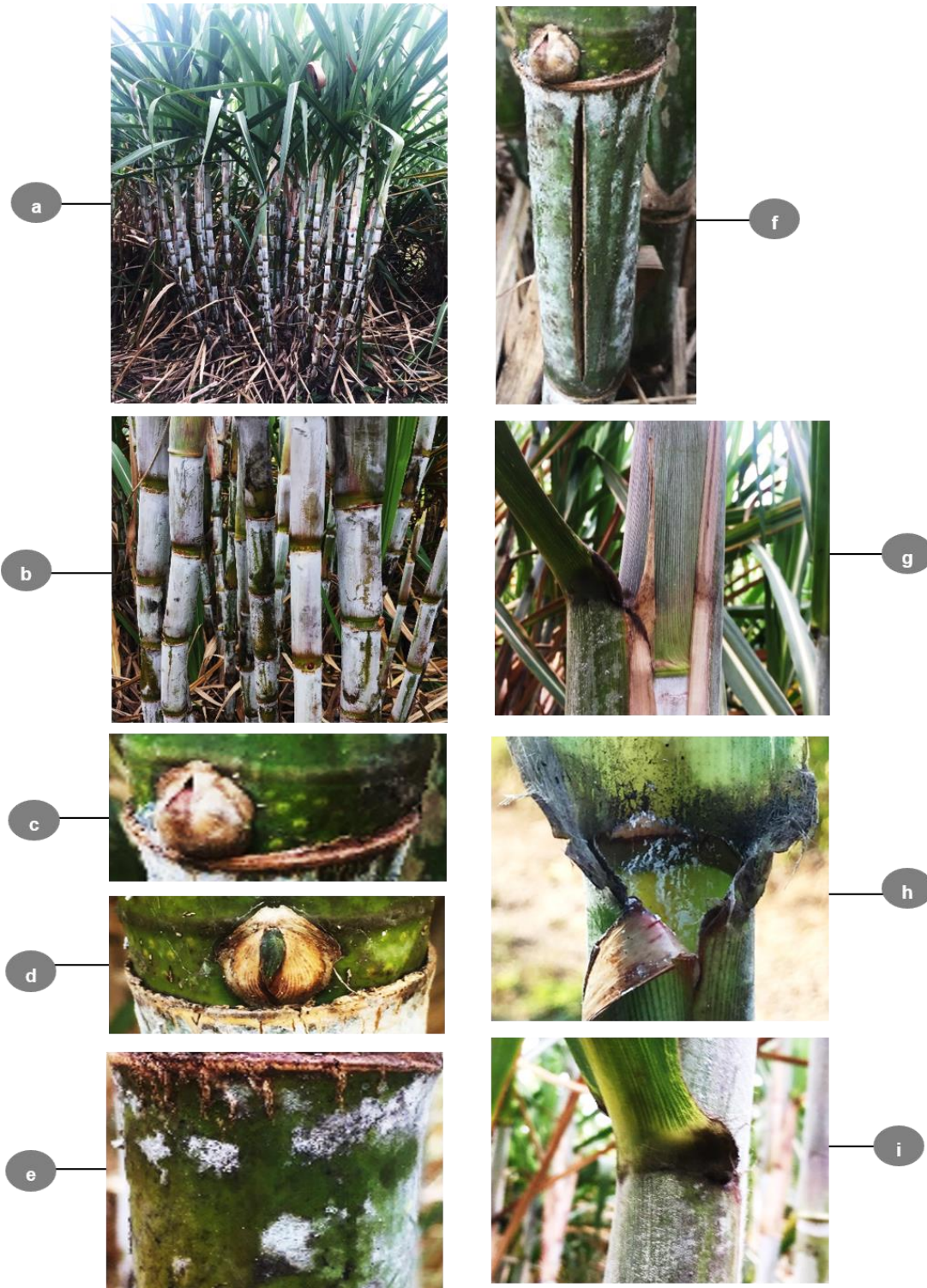


Figura 32. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-312 (Progenitores: ITV 92-1424 x B 45-181). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-321
Progenitores: ITV 92-1424 x B 45-181

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 529 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.83 m de altura, considerados como medianos. Muestran un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos presentan un zigzaguo débil con un aspecto longitudinal cónico conoidal, una longitud mediana de 14.10 cm y un diámetro grueso de 3.50 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de color amarillo-verdoso y los no expuestos al sol son verde-amarillento con abundante cera brillante y el canal de la yema es media profunda, mide 8.00 cm, aunque no se encuentra en todos los entrenudos. La corteza es rugosa en exceso y presenta grietas profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 5.7 mm del lado opuesto de la yema y de 1.88 cm en el lado de la yema, es color verde-amarillento. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es ovalada de color verde-amarillento con pubescencia regular en la parte basal y lateral. La yema sobrepasa el anillo de crecimiento, es pequeña y plana. La anchura del ala de la yema es de 3.00 mm. Las hojas son largas, de 187.20 cm de longitud, y de anchura mediana, de 6.18 cm. La conformación de la copa es erecta. El color de la hoja es verde pálido y la pubescencia en la lámina es abundante y en el borde de la hoja es rala. La vaina presenta abundante cera y es de color verde, con abundante pubescencia y pelos cortos. La longitud de la vaina es de 30.80 cm. La aurícula es lanceolada corta. La lígula tiene forma de cuarto creciente y tiene una anchura mediana de 4.80 mm y de largo mide 5.56 cm. La adherencia de la vaina es media. El collar presenta la forma deltoide y es de color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, grande, mide 188.20 cm, con el cogollo normal. Desarrolla de 2 a 3 chupones de agua, lo que es considerado normal. Las lalas son escasas. El despaje de la hoja es regular por que presenta cierta dificultad para desprenderla (**Figura 33.**).

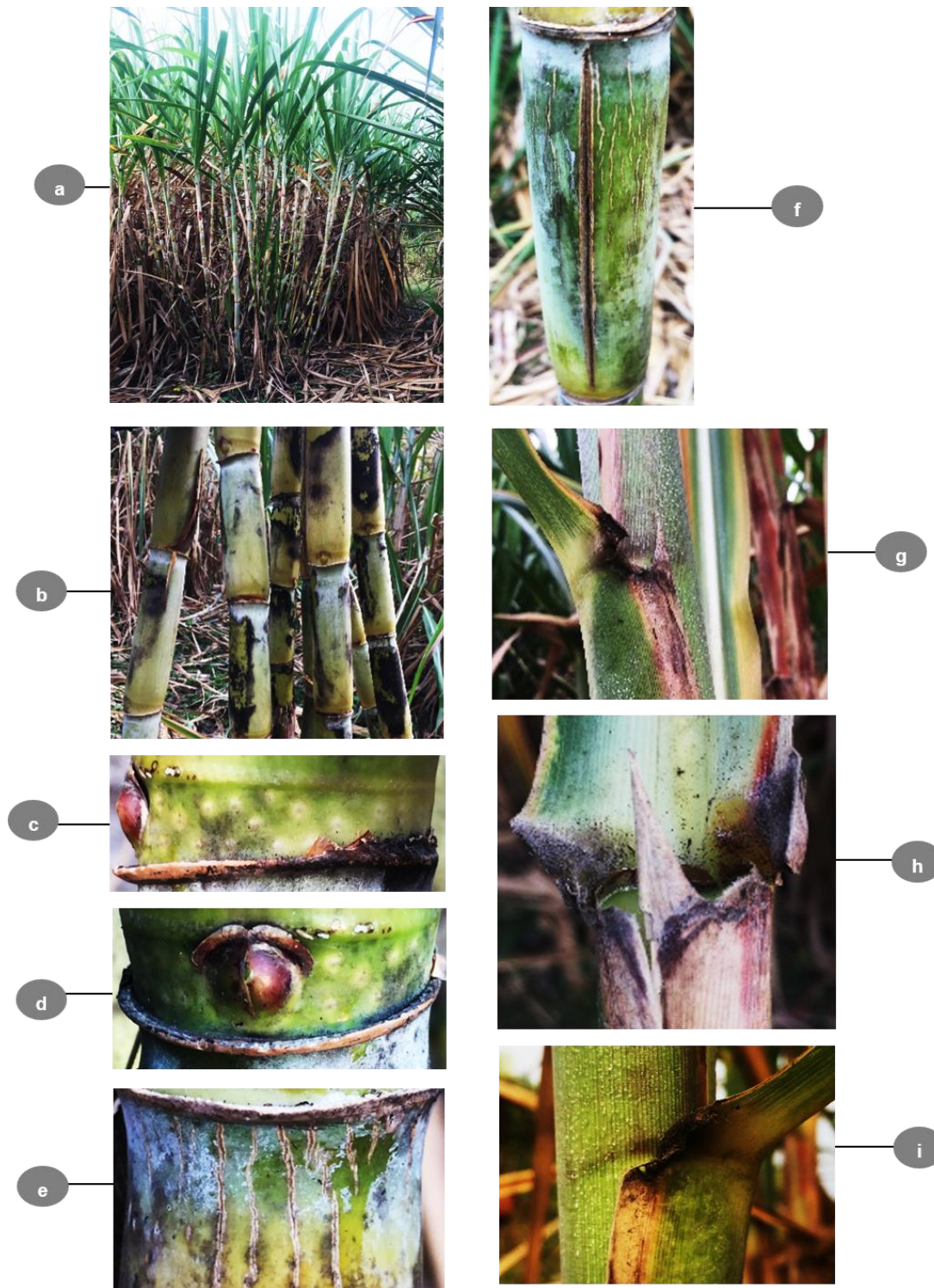


Figura 33. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-321 (Progenitores: ITV 92-1424 x B 45-181). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-333
Progenitores: ITV 92-1424 x CP 81-1384

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la crucea biparental 527 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.58 m de altura considerados como medianos y con un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos son rectos, no presentan zigzagado, tienen aspecto longitudinal cóncavo-convexo, una longitud mediana de 11.36 cm y un diámetro grueso de 3.60 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de tonalidad verde-amarillo-púrpura y los no expuestos al sol presentan un verde-amarillento con abundante cera opaca. No muestran canal de la yema. La corteza es semirugosa y presenta grietas poco profundas pero largas, abarcando todo el entrenudo. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 5.4 mm del lado opuesto de la yema y 9.3 mm en el lado de la yema, es color verde-amarillento. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es triangular, alta, de color morado-verdoso con pubescencia regular en las partes basal, apical y lateral. La yema sobrepasa el anillo de crecimiento, es mediana y abultada. La anchura del ala de la yema es de 2.60 mm. Las hojas son largas, de 163.80 cm de longitud, de 6.38 cm de anchura. La conformación de la copa es erecta. El color de la hoja es verde oscuro y la pubescencia en la lámina es escasa y en el borde de la hoja es rala. La vaina presenta abundante cera y es de color verde, la pubescencia es ausente. La longitud de la vaina es de 26.02 cm. La aurícula es aguda. La lígula tiene forma deltoide y tiene una anchura ancha de 6.00 mm y de largo mide 4.07 cm. La adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma deltoide y es de color verde aceituna. La copa es de conformación semiabierta, mide 166.20 cm, lo cual es considerado grande, con el cogollo normal. Presenta hasta 3 chupones de agua, lo que es normal. Las lalas son escasas. El despaje de la hoja es excelente ya que se cae sola al desprenderla (**Figura 34.**).



Figura 34. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-333 (Progenitores: ITV 92-1424 x CP 81-1384). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-341
Progenitores: CP 87-1490 X Mex 79-341

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce biparental 523 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.76 m de altura, considerados como medianos. Presentan un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos muestran un zigzagado débil, son de aspecto longitudinal cónico-conoidal, de 12.02 cm de longitud, y un diámetro grueso de 3.63 cm. Los entrenudos expuestos al sol son de color verde-amarillo-púrpura y los no expuestos al sol presentan un color verde-amarillento con abundante cera opaca. El canal de la yema es ausente. Presentan corteza lisa, con grietas profundas. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 1.16 cm del lado opuesto de la yema y 1.46 cm en el lado de la yema, es color verde-púrpura. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es ovalada de color verde con tintes morados con pubescencia regular en las partes basal, apical y lateral. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento, es de tamaño grande y de forma abultada. La anchura del ala de la yema es de 1.00 mm. Las hojas presentan una longitud mediana de 133.80 cm y una anchura angosta de 3.82 cm de la hoja. La conformación de la copa es erecta con el ápice curvado, el color de la hoja es verde pálido y la pubescencia en la lámina es regular y en el borde de la hoja es rala. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados, la pubescencia es ausente. La longitud de la vaina es de 32.72 cm. La aurícula es lanceolada, larga. La lígula tiene forma deltoide y tiene una anchura ancha de 6.00 mm y de largo mide 3.78 cm y la adherencia de la vaina es débil. El collar presenta la forma ligular y es de color verde marrón. La copa es de conformación semiabierta. El tamaño de la copa es grande, mide 174.80 cm. Presenta floración. Los chupones de agua son pocos, de 1 a 3 brotes por cepa, lo que es normal. Presenta abundantes lalas. El despaje de la hoja es excelente por que se cae sola al desprenderla (**Figura 35.**).



Figura 35. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-341 (Progenitores: CP 87-1490 X Mex 79-341). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

COLPOSCCMEX 09-348

Progenitores: CP 87-1490 X Mex 79-341

Características botánicas

La variedad obtenida fue de la cruce biparental 523 proveniente de la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, generación 2009.

Los tallos molederos son de 2.80 m de altura, considerados como medianos. Presentan un hábito de crecimiento semierecto. Sus entrenudos presentan un zigzaguo débil, son de aspecto longitudinal cónico-conoidal, una longitud mediana de 13.14 cm y un diámetro grueso de 3.64 cm. Los entrenudos expuestos al sol muestran matices entre verde-amarillento y los no expuestos al sol son amarillos, con abundante cera brillante. El canal de la yema es ausente. La corteza es semirugosa y presenta grietas muy profundas y anchas abarcando todo el entrenudo. En el nudo, el espesor del anillo de crecimiento es de 9.1 mm del lado opuesto de la yema y de 1.36 cm en el lado de la yema, es color verde-amarillento. La forma de banda de raíces es obcónica. La yema es redonda con el poro central de color púrpura-verde con pubescencia regular en las partes basal, apical y lateral. La yema toca ligeramente el anillo de crecimiento, es de tamaño grande y forma abultada, en ocasiones presenta triples yemas. La anchura del ala de la yema es de 3.40 mm. Las hojas son largas, de 199.80 cm de longitud, y de anchura mediana, miden 4.70 cm de ancho. La conformación de la copa es erecta. El color de la hoja es verde oscuro, con escasa pubescencia en la lámina, y nula pubescencia en el borde. La vaina presenta abundante cera y es de color verde con tintes morados, muestra pubescencia regular con pelos cortos. La longitud de la vaina es de 37.00 cm. La aurícula es transitoria oblicua. La lígula tiene forma deltoide, es de 5.60 mm de ancho y 3.74 cm de largo. La adherencia de la vaina es media. El collar presenta la forma rectangular y es de color verde aceituna. La copa es de conformación cerrada, de tamaño grande, mide 203 cm. No presenta floración. Presenta escasos chupones de agua, hasta 2 brotes por cepa, lo cual es normal. No muestra presencia de lalas. El despaje de la hoja es regular ya que presenta cierta dificultad al desprenderla (**Figura 36.**).



Figura 36. Características botánicas de la variedad COLPOSCCMEX 09-348 (Progenitores: CP 87-1490 X Mex 79-341). a) Apariencia y hábito de crecimiento. b) Forma y color del tallo. c) Anillo de crecimiento y tipo de yema. d) Banda de raíz, forma y color de yema. e) Fisuras acorchadas. f) Grietas en la corteza de los entrenudos del tallo. g) Tipo de aurícula. h) Lígula. i) Collar: forma y color.

1.5 LITERATURA CITADA

- Aguilar-Rivera N. 2009. Diversificación productiva de la industria azucarera ¿Reto tecnológico, económico o social? *Mundo Siglo XIX* 18: 53-66.
- Aguilar-Rivera N, Michel-Cuello C, Serna-Lagunes R, Debernardi-Vázquez TM, Trujillo-Mata A. 2019. Ethanol production from the Mexican sugar industry: Perspectives and challenges. *In: MT Khan, IA Khan (Eds.). Sugarcane Biofuels* (pp. 203-235). Cham, Switzerland: Springer. Doi: 10.1007/978-3-030-18597-8_10. 203-235
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Stats. Crops. Sugarcane. [En línea] Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Gómez-Merino FC, Sentíes-Herrera, HE, Trejo-Téllez LI, Pérez-Sato JA. 2014a. El Campus Córdoba impulsa programa de mejoramiento de caña de azúcar. *Agroentorno* 17: 13-15.
- Gómez-Merino FC, Trejo-Téllez LI, Sentíes-Herrera HE. 2014b. Sugarcane as a Novel Biofactory: Potentialities and Challenges. *In: R Guevara-González, I. Torres-Pacheco. (Eds.). Biosystems Engineering: Biofactories for Food Production in the Century XXI* (pp. 129-149). Springer, Cham, Switzerland. Doi: 10.1007/978-3-319-03880-3_5
- Gómez-Merino FC, Trejo-Téllez LI, Morales-Ramos V, Salazar-Ortiz J, Velasco-Velasco J, Sentíes-Herrera HE, Ladewig. 2014c. Necesidades de innovación en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad* 7: 22-26.
- Gómez-Merino FC, Sentíes-Herrera HE. 2015. Manual para la identificación varietal de caña de azúcar. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 39 p.
- Gómez-Merino FC, Trejo-Téllez LI, Salazar-Ortiz J, Pérez-Sato JA, Sentíes-Herrera HE, Bello-Bello JJ, Aguilar-Rivera N. 2017. Diversification of the sugar agroindustry as a strategy for Mexico. *Agroproductividad* 10: 7-12.
- IMPA (Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar). 1983. Programa de variedades.

- Objetivos, Importancia y Metodología Experimental. Centro Nacional de Investigaciones Azucareras, México, D. F. 63 p.
- Koizumi T. 2015. Biofuel and food security. Biofuel Impact on Food Security in Brazil, Asia and Major Producing Countries. New York, Springer. Doi: 10.1007/978-3-319-05645-6
- Moore PH, Paterson AH, Tew T. 2014. Sugarcane: the crop, the plant, the domestication. In: PH Moore, FC Botha (Eds.). *Sugarcane. Physiology, biochemistry and functional biology* (pp. 1-17). Aimes, IO, USA: Wiley-Blackwell.
- Rao VP, Singh S, Chaudhary R, Sharma MK, Sengar RS, Singh UM, Sharma V. 2016. Genetic variability in sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid) genotypes through inter simple sequence repeats (ISSR) markers. *Journal of Applied and Natural Science* 8: 1404-1409.
- Sentíes-Herrera HE, Gómez-Merino FC. 2014. Nuevas directrices en mejoramiento genético de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad* 7: 9-15.
- Sentíes-Herrera HE, Gómez-Merino FC, Loyo-Joachin, R. 2016. El mejoramiento genético de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en México: Una historia de éxito con nuevos desafíos. *Agroproductividad* 9: 8-13.
- Sentíes-Herrera HE, Trejo-Téllez LI, Gómez-Merino FC. 2017a. The Mexican sugarcane production system: History, current status and new trends. In: R Murphy (Ed.). *Sugarcane: Production Systems, Uses and Economic Importance* (pp. 39-72). New York, NY, USA: Nova Publishers.
- Sentíes-Herrera HE, Valdez-Balero A, Loyo-Joachin R, Gómez-Merino FC. 2017b. Fases experimentales en el mejoramiento genético de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en México. *Agroproductividad* 10: 93-98.
- UPOV. 2005. Caña de azúcar. Código UPOV: *Saccharum* L. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. Ginebra, Suiza. [En línea] Disponible en <http://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg186.pdf>.

Viveros VCA, Baena GD, Salazar VFA, López LO, Victoria JI. 2015. Traits of the sugar cane associated with tons of cane per hectare and sucrose % (cane). Acta Agronómica 64, 268-272.

WEF (World Economic Forum). 2020. The global risk report 2020. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf

CAPÍTULO II. RESPUESTAS FISIOLÓGICAS, BIOQUÍMICAS Y NUTRIMENTALES DE LA CAÑA DE AZÚCAR A LA APLICACIÓN FOLIAR DE FOSFITO

2.1 RESUMEN

La caña de azúcar es un cultivo de gran importancia para México, que enfrenta serios desafíos ante el cambio climático, lo que hace necesaria la implementación de alternativas que hagan más eficiente el sistema de producción desde una perspectiva sustentable. Como bioestimulante, el fosfito (Phi) constituye una herramienta importante para aumentar los mecanismos de tolerancia a factores de estrés abiótico, y a su vez incrementa la calidad de los productos. En este estudio se determinó el efecto de la aplicación foliar de Phi (80 mM) en dos variedades de caña de azúcar en ciclo plantilla: Mex 69-290 y CP 72-2086. Para ello se establecieron dos experimentos independientes, uno por cada variedad de caña utilizada, donde se probaron aplicaciones foliares de: 1) agua; 2) agua + surfactante; y 3) 80 mM Phi. Cada experimento tuvo 3 repeticiones con al menos 20 plantas cada uno. Bajo las condiciones de estudio, el Phi no tuvo efectos significativos en las variables fisiológicas y nutrimentales evaluadas, pero sí aumentó la concentración de sólidos solubles totales en tallos molederos, lo cual es de suma importancia para la industria azucarera. Se concluye que la aplicación foliar de Phi no afecta variables de crecimiento y ni el balance nutrimental de la planta, pero mejora indicadores de calidad del jugo.

Palabras clave: Poaceae, *Saccharum* spp., bioestimulación, grados Brix, tallos molederos, tamaño de la hoja.

2.2 INTRODUCCIÓN

Los principales países productores de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) son Brasil, La India, China, Tailandia, Pakistán y México (Gómez-Merino *et al.* 2014; CONADESUCA, 2018). En México, la caña de azúcar constituye una de las actividades de mayor importancia en la economía nacional, beneficiando económicamente a cerca de un millón de personas de manera directa y más de 2.2 millones de manera indirecta (Gómez-Merino *et al.* 2014; Senties-Herrera *et al.*, 2017).

La caña de azúcar es un cultivo que a nivel mundial está experimentando retos importantes, que están siendo agravados por el cambio climático a nivel ambiental, y la competencia con otros edulcorantes a nivel económico, por lo que resulta necesario mejorar su competitividad y

productividad, con el fin de asegurar la sustentabilidad de los sistemas de producción (Senties-Herrera *et al.*, 2017).

El cambio climático ha aumentado la severidad de fenómenos como la sequía, las inundaciones y la temperatura. En particular, el cultivo de la caña de azúcar tiene el reto actual de ser producido bajo las nuevas condiciones agravadas por el cambio climático (Ojeda-Bustamante *et al.* 2012; Gómez-Merino *et al.* 2014). Entre los desafíos de la producción primaria de caña de azúcar causados por el cambio climático se encuentran la escases de agua, cambios bruscos de altas y bajas temperaturas, heladas, inundaciones, salinización de suelos y la erosión de suelos (Gómez-Merino *et al.* 2014).

Por otro lado, parte de la solución en la industria azucarera es la diversificación de productos y subproductos que además de obtener azúcares (sacarosa) también se puede producir etanol, xilitol, jarabe de fructosa, lignina, ceras, bagazo, cachaza y con todo esto ofrece una amplia diversidad productiva y desarrollo económico (Castro-Nava *et al.* 2010).

Ante el escenario de la agricultura actual, se han encontrado alternativas como el uso de fosfito (Phi) como estrategia para realizar una agricultura sostenible ya que tiene acción contra hongos y oomicetos, al inhibir la esporulación y disminuir la tasa de desarrollo, además de estimular una rápida activación de mecanismos de defensas de las plantas (Achary *et al.*, 2017). Se ha determinado que cuando el fosfito tiene efectos positivos o bioestimulantes, el estatus de fósforo como fosfato *in planta* debe ser suficiente, dado que el sistema de absorción no discrimina entre aniones fosfito y aniones fosfato (McDonald *et al.*, 2001).

A pesar de lo anterior, el empleo de fosfito en plantas superiores sigue siendo controversial, dado que también se han reportado efectos negativos o bien la ausencia de efectos de este anión en el crecimiento y desarrollo vegetal en algunas especies. Por ejemplo, en frutos rojos, no existen efectos del fosfito en el crecimiento de la planta y en el rendimiento, pero sí tiene influencia en la activación de la calidad (Moor *et al.*, 2009).

El objetivo de este trabajo fue determinar los efectos que el fosfito tiene en parámetros de crecimiento, lecturas de clorofila (SPAD), sólidos solubles totales y concentración foliar de nutrimentos en dos variedades de caña de azúcar: Mex 69-290 y CP 72-2086.

2.3 MATERIALES Y MÉTODOS

2.3.1 Material vegetal y ubicación del experimento

Se utilizaron dos variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.): CP 72-2086 y Mex 69-290 con siete y ocho meses de edad, respectivamente; ambas en ciclo plantilla.

La presente investigación se realizó en condiciones de campo abierto, dentro del área del campo experimental del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados, localizado en la Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

Las parcelas experimentales de la variedad Mex 69-290 se localizaron en las coordenadas 18°51'38'' LN y 96°51'40'' LO; mientras que, las de la variedad CP 72-2086 se ubicaron en las coordenadas 18°51'47'' y LN; 96°51'26'' LO. Para ambas variedades la altitud registrada fue de 640 m.

2.3.2 Características del suelo en las parcelas experimentales

En el Cuadro 3 se presentan las características químicas y físicas del suelo en el cual se establecieron las parcelas experimentales en esta investigación.

Cuadro 3. Características químicas y físicas del suelo en las parcelas de estudio.

Propiedad, unidad	Valor	Propiedad	Valor	Propiedad	Valor
pH	3.760	P, ppm	1.240	Textura	Arcillosa
CE, dS m ⁻¹	0.210	Ca, cmol _c kg ⁻¹	5.395	Al, ppm	38.532
m. o., %	4.223	K, cmol _c kg ⁻¹	0.514	Cu, ppm	1.129
NO ₃ ⁻ , ppm	50.400	Mg, cmol _c kg ⁻¹	0.959	Fe, ppm	31.399
NH ₄ ⁺ , ppm	75.600	Na, cmol _c kg ⁻¹	2.257	Mn, ppm	56.396
N, %	0.286	CIC, cmol _c kg ⁻¹	19.560	Zn, ppm	0.862
Densidad aparente, g/cm ³	1.064	Densidad real, g cm ⁻³	1.849	B, ppm	0.007

2.3.3 Diseño de tratamientos y diseño experimental

Se realizaron dos experimentos independientes, uno por cada variedad de caña utilizada. En cada experimento se evaluaron tres tratamientos, los cuales consistieron en:

1. Aspersión foliar de agua (identificado en lo posterior como Agua)
2. Aspersión foliar de agua con surfactante al 0.1% (en lo sucesivo identificado como Surfactante)
3. Aspersión foliar con solución 80 mM Phi con surfactante al 0.1% (en lo sucesivo denominado Fosfito).

El surfactante utilizado fue Inex-A[®] (surfactante penetrante no iónico en solución acuosa conteniendo alcohol graso etoxilado al 20.2% y polidimetilsiloxano al 1% de Cosmocel). La fuente de Phi fue el ácido fosforoso (H₃PO₃, Sigma-Aldrich[®]).

Los tres tratamientos se establecieron en campo en un diseño completamente al azar, con 18 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue una parcela con seis surcos de 10 m de largo, la distancia entre surcos fue de 1.5 m. La siembra en cada parcela se hizo a cordón doble.

Se realizaron dos aplicaciones de las soluciones foliares antes descritas. En la variedad CP 72-2086, las aspersiones se realizaron a los ocho y nueve meses de edad; mientras que, en la variedad Mex 69-290 a los nueve y diez meses de edad.

2.3.4 Variables evaluadas

Después de 8, 40, 70, 100, 130 y 160 días del inicio de la aplicación de los tratamientos (ddiat), se evaluaron en plantas de caña las siguientes variables de crecimiento: Altura y diámetro de tallos molederos, ancho y largo de hojas, número de hojas por planta, número de tallos molederos por planta.

Asimismo, se evaluaron las lecturas SPAD usando un medidor portátil (Konica Minolta, SPAD 502, Tokio, Japón). Esta evaluación se realizó en las mismas fechas que las variables de crecimiento, excepto en la última (160 ddiat).

Se evaluaron también los °Brix en tallos molederos, usando un refractómetro manual (Atago 2351 master-53α, Brix 0.0 a 53%, Tokio, Japón). Esta determinación se realizó a los 162 ddiat, fecha en la cual las variedades se encontraban en fase de maduración. Esta variable se determinó en tres tercios del tallo: superior, medio e inferior.

Se realizaron análisis químicos en tejido foliar a los 75 ddiat. Las muestras de hojas fueron deshidratadas a 72 °C durante 48 h en una estufa de aire forzado (Riossa HCF-125, México), posteriormente fueron molidas para obtener un tamaño de partícula de 2 mm. Para la determinación de N se utilizó el método Kjeldahl (Bremner, 1965), el cual consiste en la digestión de material vegetal seco y molido con una solución de $C_7H_6O_3$ en H_2SO_4 a una concentración de 3.3%. Para la determinación de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B se realizó una digestión ácida de muestras secas y molidas con $HNO_3:HClO_4$ (2:1, v:v) descrita por Alcántar y Sandoval (1999); posteriormente, las concentraciones se determinaron en un espectrofotómetro de absorción óptica de inducción por plasma acoplado (ICP-OES 725-ES; Agilent; Santa Clara, CA, USA).

2.3.5 Análisis estadístico

Con los datos obtenidos en cada variable se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por Tukey ($p \leq 0.05$) usando el software SAS (SAS, 2011).

2.4 RESULTADOS

2.4.1 Variables de crecimiento

Altura de tallos molederos. En la variedad Mex 69-290 se observa que, el fosfito tuvo un efecto negativo en el crecimiento de los tallos molederos, con reducciones de 12.5, 9.0 y 7.0% a los 70, 100 y 160 ddiat, respectivamente, en comparación con el tratamiento testigo (Agua), como se observa en la (**Figura 37a**).

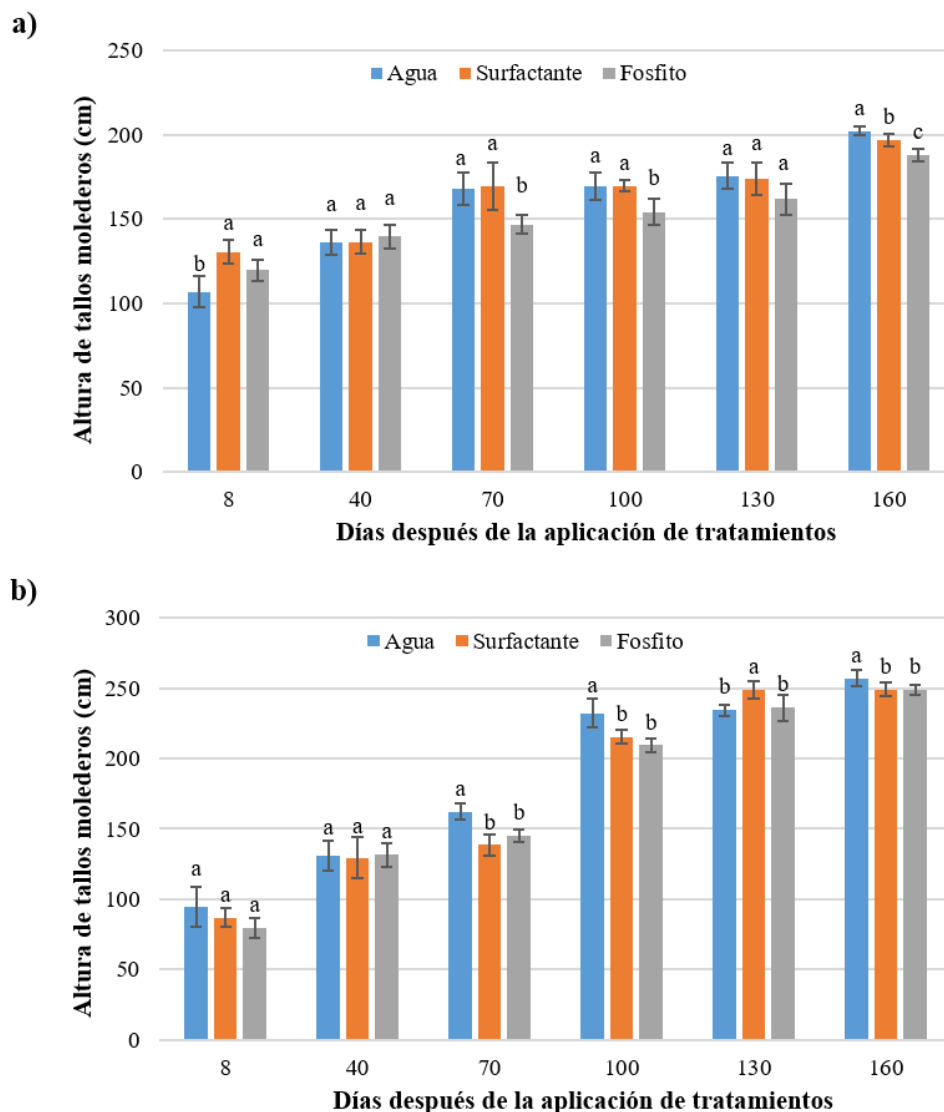


Figura 37. Altura de tallos molederos en las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados en distintas fechas de muestreo. Medias \pm Error Estándar de la Media con letras distintas en cada evaluación de cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Diámetro de tallos molederos

El fosfite no tuvo influencia significativa en el diámetro de tallos molederos en ambas variedades de caña de azúcar como se observa en la (Figura 38).

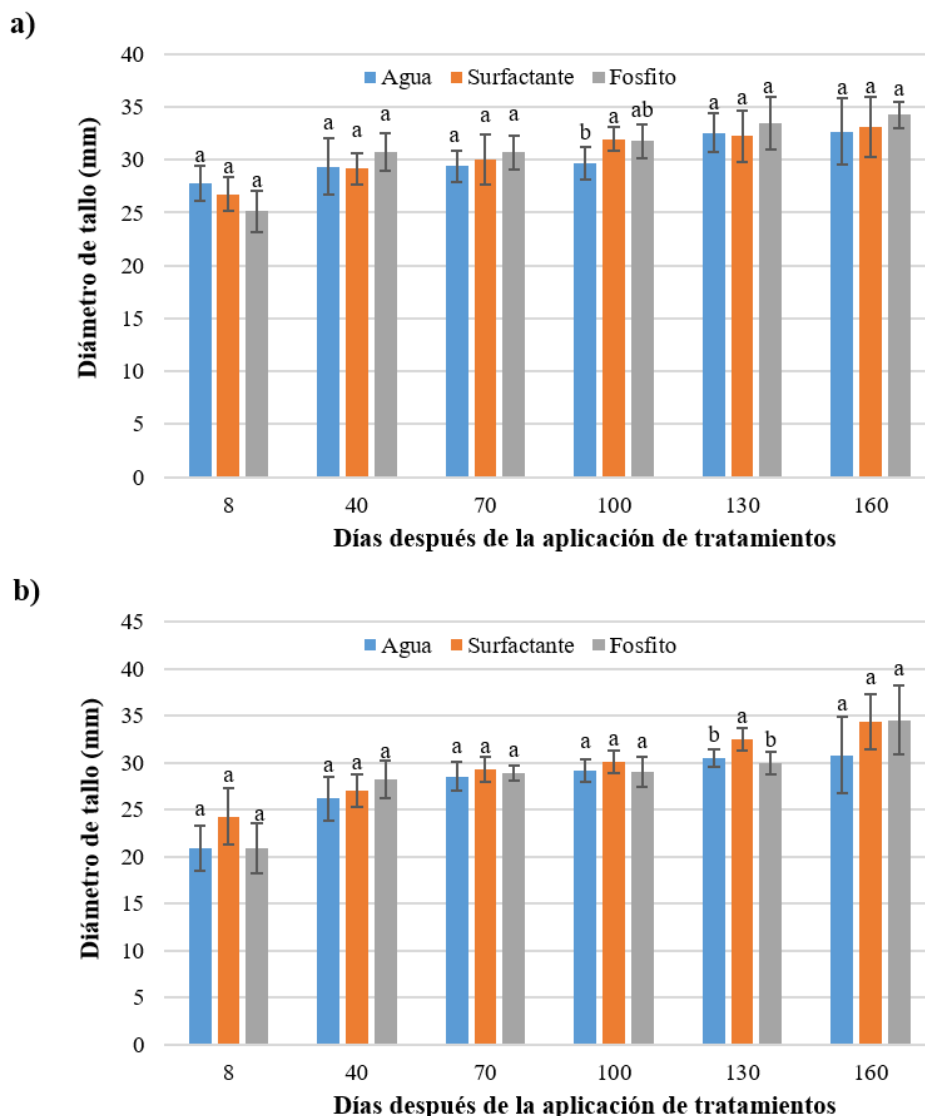


Figura 38. Diámetro de tallos molederos en plantas de las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) de caña de azúcar en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados en distintas fechas de muestreo. Medias \pm Error Estándar de la Media con letras distintas en cada evaluación de cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Independiente a los tratamientos, se observó que la variedad Mex 69-290 tiene tallos molederos de mayor diámetro que la variedad y CP 72-2086 (**Figura 38**).

Largo de hoja

En la **Figura 39a** se observan los resultados obtenidos de largo de hoja de plantas de caña de la variedad Mex 69-290. Se observa que el fosfite no tuvo influencia significativa en esta variable,

en comparación con el tratamiento testigo (Agua). Por el contrario, en los muestreos realizados a los 40, 100 y 130 ddiat se observó que la aplicación foliar de agua con surfactante ocasiona una reducción en la longitud de la hoja de 3.2, 3.2 y 8.4%, en comparación con el testigo; las reducciones fueron del orden de

De manera coincidente, en la variedad CP 72-2086 no se observaron efectos del tratamiento con fosfito; sin embargo, la aplicación de la solución con surfactante, redujo la longitud de hoja en 14.5 y 7.1% a los 70 y 160 ddiat respectivamente, en comparación con el tratamiento con aspersion foliar de agua (**Figura 39b**).

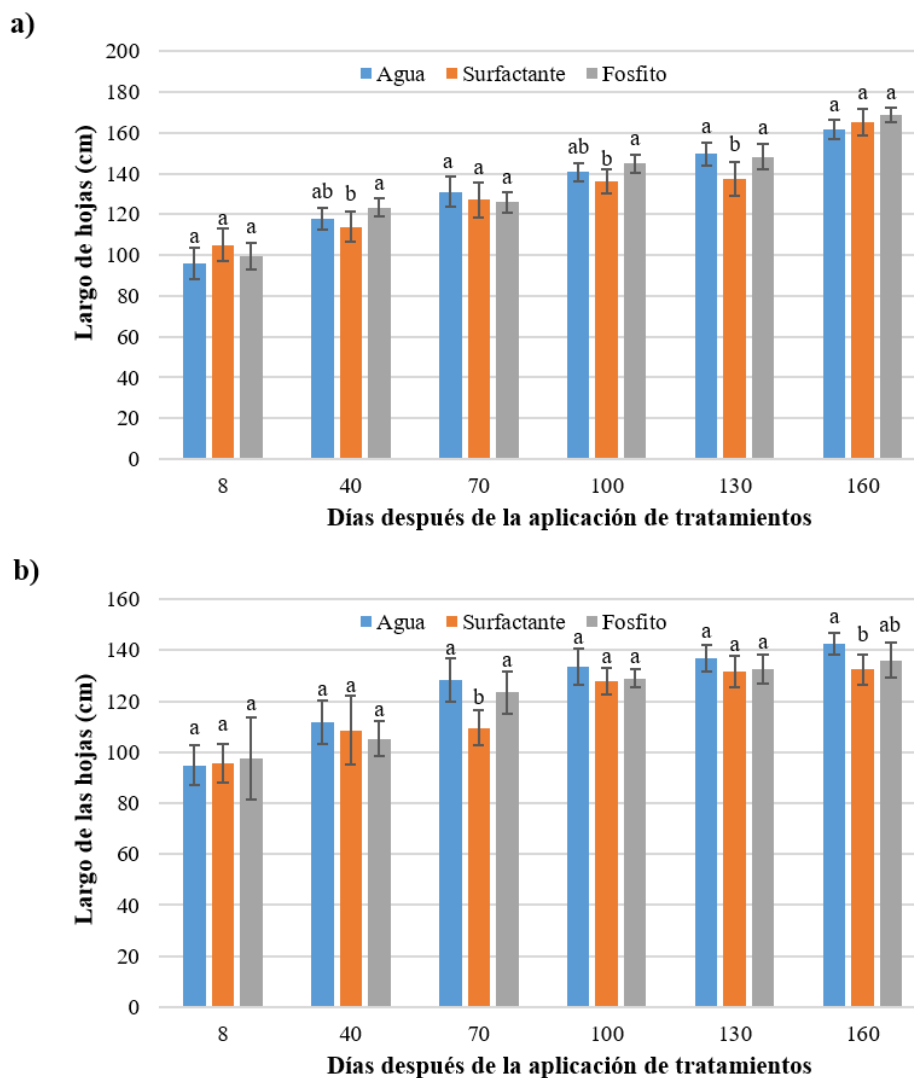


Figura 39. Largo de hoja de plantas de las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) de caña de azúcar en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados en distintas fechas de

muestreo. Medias \pm Error Estándar de la Media con letras distintas en cada evaluación de cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Ancho de hoja

Entre el tratamiento testigo (Agua) y la aplicación de fosfito no existieron diferencias significativas en la variable ancho de hoja en la variedad Mex 69-290. Por el contrario, reducciones significativas en el ancho de hoja se registraron en el tratamiento con surfactante respecto al testigo, en las evaluaciones realizadas 70 y 100 ddiat (**Figura 40a**).

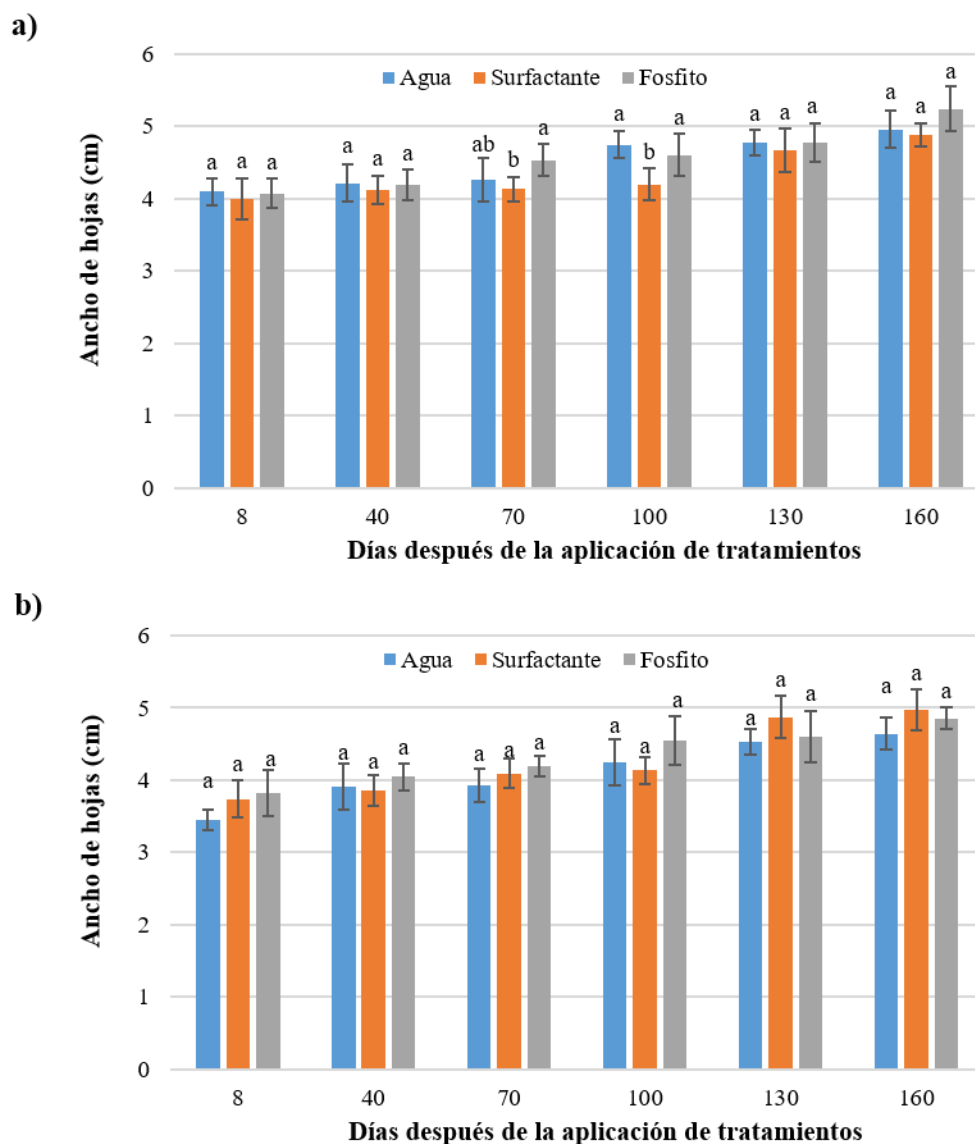


Figura 40. Ancho de hoja de plantas de las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) de caña de azúcar en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados en distintas fechas de

muestreo. Medias \pm Error Estándar de la Media con letras distintas en cada evaluación de cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

En la variedad CP 72-2086 no existieron diferencias significativas causadas por los tratamientos aplicados en el ancho de hoja como se observa en la (**Figura 40b**).

Número de hojas

En la variedad Mex 69-290 no se observaron diferencias entre tratamientos en las evaluaciones realizadas 40, 130 y 160 ddiat. Por el contrario, en la evaluación a los 8 ddiat se registró decremento significativo en el número de hojas, respecto al testigo (Agua); el cual fue de 15.2%. Destaca el efecto positivo del fosfito en esta variable en el conteo de hojas realizado 100 ddiat, donde éste superó en 8.6 y 4.8% a los tratamientos agua y surfactante, respectivamente (**Figura 41a**).

En la variedad CP 72-2086, solo se observaron diferencias en el número de hojas en el último muestreo (160 ddiat), al registrarse que el tratamiento con fosfito superó en 11.2% al tratamiento con surfactante (**Figura 41b**).

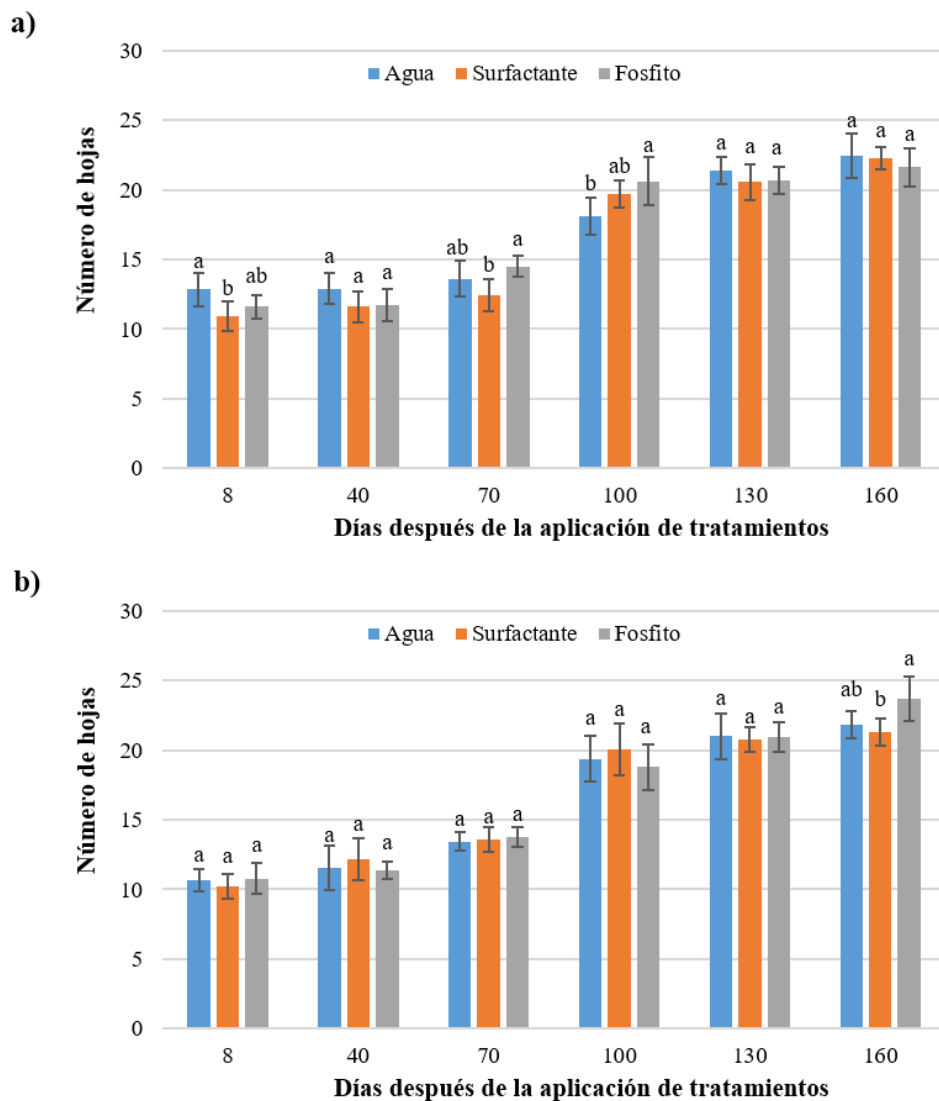


Figura 41. Número de hojas por planta de las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) de caña de azúcar en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados en distintas fechas de muestreo. Medias \pm Error Estándar de la Media con letras distintas en cada evaluación de cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Número de tallos

En la variedad Mex 69-290, el número de tallos por planta mostró diferencias significativas entre los 40 y 160 ddiat (**Figura 42a**). De manera consistente se observan efectos negativos de la adición de solución foliar conteniendo surfactante, en comparación con la aspersion al follaje de solo agua (testigo); las reducciones en el número de tallos fueron del orden de 43.0, 35.2, 15.2 y 25.1% a los

40, 70, 100, 130 y 160 ddiat, respectivamente. De la misma manera, se observa a los 70 ddiat, que el tratamiento fosfito, redujo significativamente el número de tallos, en 12.4%, respecto al tratamiento testigo (Agua).

En la variedad CP 72-2086, solo en la evaluación realizada a los 70 ddiat se observaron diferencias estadísticas. El tratamiento con fosfito incrementó en 15.5% el número de tallos respecto al testigo (Agua) (Figura 42b).

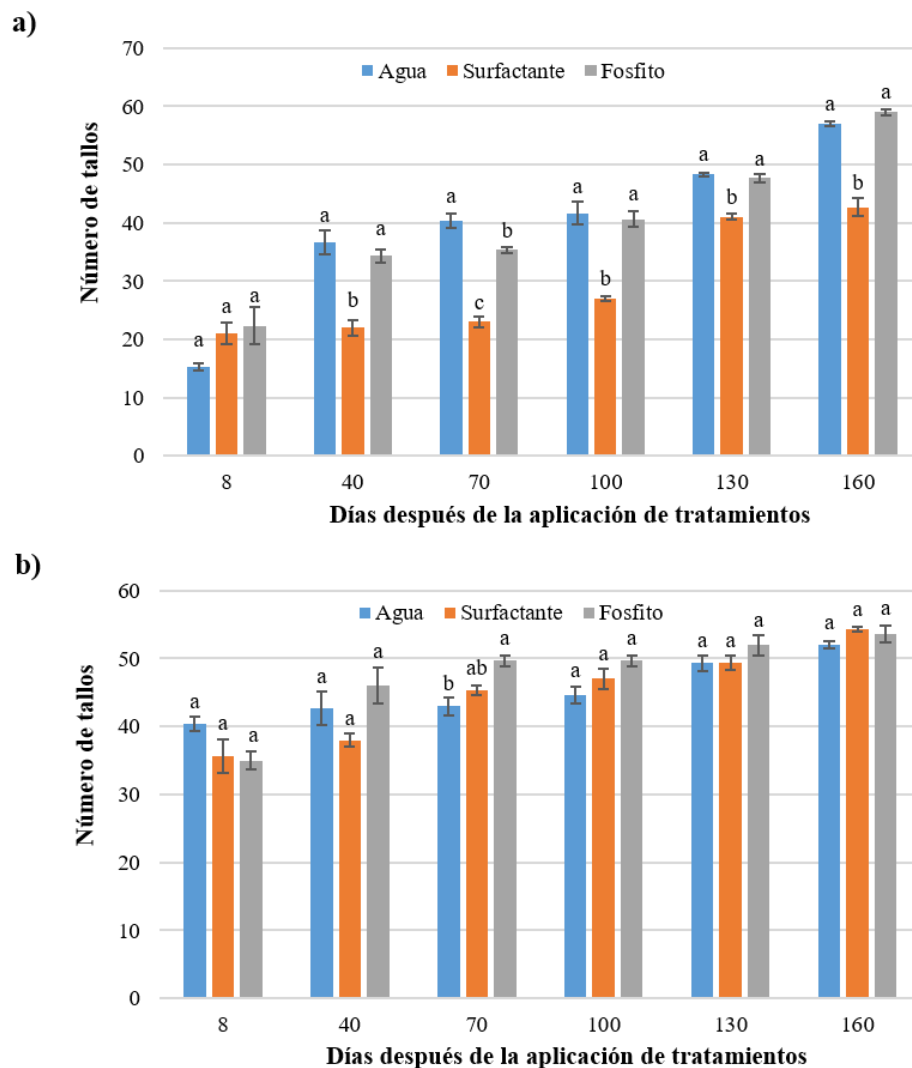


Figura 42. Número de tallos por planta de las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) de caña de azúcar en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados en distintas fechas de muestreo. Medias \pm Error Estándar de la Media con letras distintas en cada evaluación de cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Lecturas SPAD

En la variedad Mex 69-290 (**Figura 43a**) solo se presentó diferencia entre tratamientos en la primera evaluación realizada (8 ddiat); observándose una reducción de 19.9% en el tratamiento con fosfito, respecto al tratamiento surfactante. Por otra parte, en la variedad CP 72-2086 (**Figura 43b**) no existieron diferencias entre tratamientos.

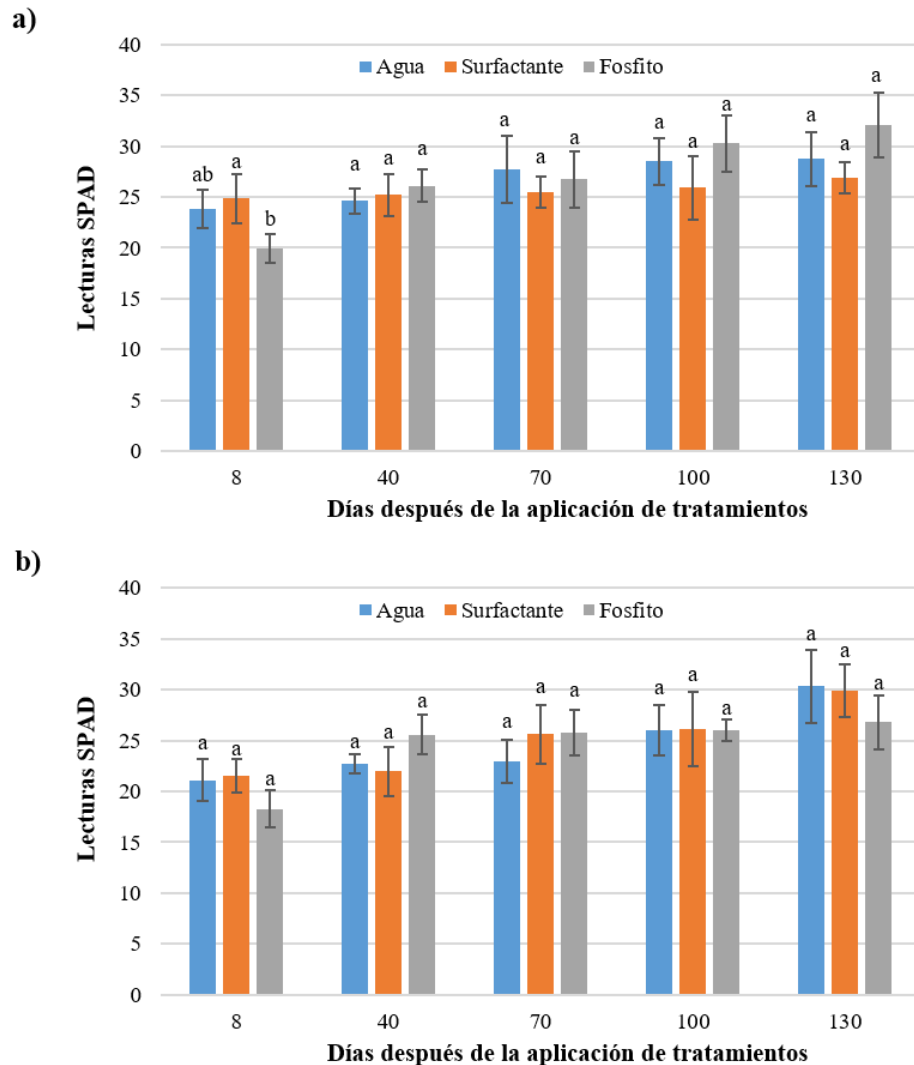


Figura 43. Lecturas SPAD determinadas en hojas de plantas de caña de azúcar de las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados. Medias \pm Error Estándar de la Media con letras distintas en cada subfigura y cada evaluación son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Sólidos solubles totales

No se observaron efectos significativos de los tratamientos en los sólidos solubles totales en las dos variedades de caña en estudio; lo anterior, en las tres porciones evaluadas del tallo (superior, medio e inferior), como se observa en la (Figura 44). Sin embargo, en todos los casos se observa una tendencia al incremento de los grados Brix en plantas tratadas con fosfito vía foliar.

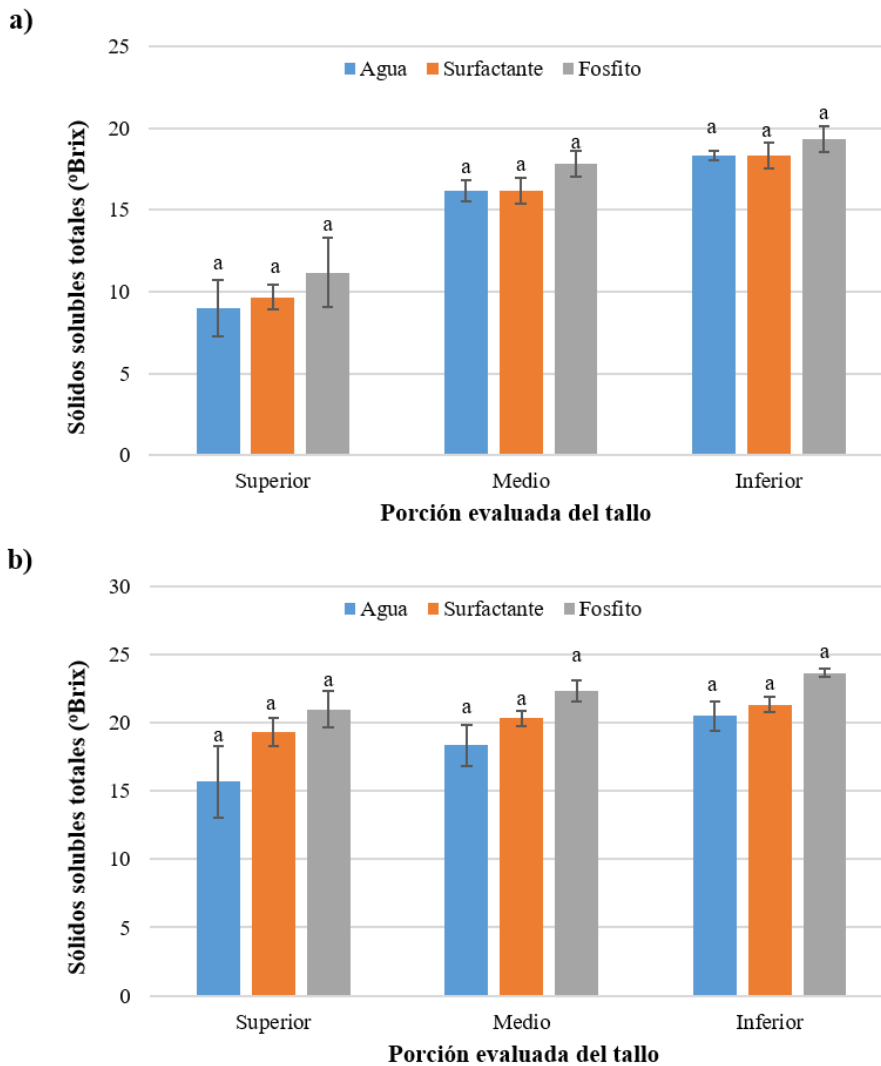


Figura 44. Sólidos solubles totales en tallos molederos en las variedades Mex 69-290 (a) y CP 72-2086 (b) en ciclo plantilla en fase de maduración, en respuesta a los tratamientos evaluados. Medias \pm Error Estándar de la Media con letras distintas en cada subfigura, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Destacan valores inferiores de sólidos solubles totales en la variedad Mex 69-290, respecto a la CP 72-2086. La variedad Mex 69-290 tuvo valores medios de °Brix de 12.3, 12.8 y 11.8 en las porciones superior, media e inferior, respectivamente (**Figura 44a**); mientras que la variedad CP 72-2086 presentó medias de 18.7, 20.3 y 21.8, respectivamente (**Figura 44b**).

Análisis nutrimental

En el **Cuadro 4** se presentan las concentraciones foliares de macronutrientes en las dos variedades de caña en estudio, después de 75 días. En la variedad Mex 69-290 no se observaron efectos en las concentraciones de macronutrientes; mientras que, en la variedad CP 72-2086 se registró una reducción significativa en la concentración foliar de Ca en el tratamiento con surfactante, respecto al tratamiento testigo (Agua), la reducción fue del orden de 9.8%.

De la misma manera que en el caso de los macronutrientes, los tratamientos evaluados no tuvieron influencia significativa en la concentración de micronutrientes en hojas de plantas de ambas variedades como se observa en el **Cuadro 5**.

Cuadro 4. Concentración foliar de macronutrientos en dos variedades de caña de azúcar en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados.

Mex 69-290	(g kg⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Agua	14.35 ± 0.33 a	1.09 ± 0.03 a	3.52 ± 0.15 a	2.64 ± 0.22 a	1.64 ± 0.09 a	0.53 ± 0.02 a
Surfactante	13.07 ± 0.25a	1.04 ± 0.01 a	3.48 ± 0.17 a	2.75 ± 0.43 a	1.61 ± 0.10 a	0.51 ± 0.02 a
Fosfito	13.53 ± 0.27 a	1.05 ± 0.06 a	4.04 ± 0.33 a	2.62 ± 0.02 a	1.36 ± 0.07 a	0.48 ± 0.03 a
CP 72-2086	(g kg⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Agua	13.70 ± 0.95 a	0.97 ± 0.02 a	6.43 ± 0.2 5a	2.44 ± 0.09 a	1.00 ± 0.02 a	0.47 ± 0.02 a
Surfactante	14.12 ± 0.28 a	0.90 ± 0.02 a	5.41 ± 0.04 b	2.00 ± 0.06 b	0.85 ± 0.03 a	0.44 ± 0.02 a
Fosfito	12.67 ± 0.7 3a	0.93 ± 0.02 a	5.36 ± 0.04 b	2.20 ± 0.10 ab	0.89 ± 0.06 a	0.71 ± 0.22 a

Medias ± Error Estándar de la Media con letras distintas en una columna por variedad indican diferencias estadísticas (Tukey, $p \leq 0.05$).

Cuadro 5. Concentración foliar de micronutrientos en dos variedades de caña de azúcar en ciclo plantilla, en respuesta a los tratamientos evaluados.

Mex 69-290	(mg kg⁻¹)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Agua	238.08 ± 116.6 a	3.72 ± 0.08 a	9.60 ± 0.90 a	123.52 ± 11.91 a	45.70 ± 1.43 a
Surfactante	98.48 ± 7.21 a	3.52 ± 0.03 a	10.78 ± 0.31 a	127.37 ± 4.44 a	44.43 ± 0.59 a
Fosfito	91.51 ± 2.18 a	3.76 ± 0.27 a	9.84 ± 0.25 a	138.03 ± 6.54 a	43.82 ± 0.38 a
CP 72-2086	(mg kg⁻¹)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Agua	98.8 ± 9.30 a	3.86 ± 0.22 a	9.35 ± 1.18 a	57.25 ± 3.88 a	45.82 ± 0.35 a
Surfactante	85.34 ± 4.38 a	3.50 ± 0.12 a	7.43 ± 0.22 a	49.92 ± 3.33 a	42.02 ± 2.83 a
Fosfito	91.63 ± 2.89 a	3.51 ± 0.06 a	7.96 ± 0.48 a	62.21 ± 15.91 a	45.53 ± 2.53 a

Medias ± Error Estándar de la Media con letras distintas en una columna por variedad indican diferencias estadísticas (Tukey, $p \leq 0.05$)

2.5 DISCUSIÓN

En las últimas décadas el fosfito ha sido ampliamente usado en la agricultura mundial, atribuyéndole diversos efectos positivos; entre éstos, la estimulación del crecimiento y desarrollo, incremento de la calidad poscosecha y nutraceutica, así como el control de patógenos (Gómez-Merino y Trejo-Téllez, 2015). En este último aspecto, diversos estudios han mostrado que el fosfito es altamente eficaz en el control de oomicetos (Liljeroth *et al.*, 2016; Yañez-Juárez *et al.*, 2018).

El fosfito es un análogo del anión fosfato; por tanto, en plantas superiores es absorbido y traslocado utilizando los sistemas de transporte de fosfato. Sin embargo, el fosfito, a diferencia del fosfato, es un anión no metabolizable (López-Arredondo *et al.*, 2013). Por tanto, su eficiencia como bioestimulante se relaciona de manera directa con la suficiencia de fosfato en la planta (McDonald *et al.*, 2001).

En esta investigación no se observaron efectos del fosfito en las variables evaluadas. En gran parte de los reportes de efectos del fosfito en el metabolismo vegetal, éste es abastecido a las raíces en sistemas hidropónicos (Estrada-Ortiz *et al.*, 2011; Estrada-Ortiz *et al.*, 2012; Estrada-Ortiz *et al.*, 2013; Estrada-Ortiz *et al.*, 2016; Trejo-Téllez *et al.*, 2019), los cuales no representan la complejidad del sistema suelo y permiten garantizar la suficiencia de fosfato como fuente de fósforo. Asimismo, efectos negativos causados por el fosfito se han registrado en cultivo de tejidos, cuando éste es incorporado al suelo o asperjado vía foliar en condiciones de campo (López-Arredondo *et al.*, 2013). Incorporaciones al suelo de fosfito han mostrado no ser efectivas dada la oxidación que éste sufre a fosfato, por la actividad de los microorganismos del suelo (Kariman *et al.*, 2016). Asimismo, la eficiencia de la aplicación foliar es dependiente de factores que incluyen las propiedades físicas y químicas de la formulación (tamaño molecular, solubilidad, carga eléctrica, pH, tensión superficial, retención en la lámina foliar, dispersión, etc.); así como las características de la planta y factores ambientales (Fernández y Brown, 2013). En este contexto, es preciso realizar ensayos preliminares para determinar, en lo posible, los parámetros que permitan eficientizar la absorción foliar del fosfito. En este estudio, por ejemplo, solo se utilizó un surfactante y no se ajustó el valor del pH de la solución foliar por mencionar algunos ejemplos.

Otra posible causa de la no respuesta a fosfito en caña de azúcar, la representa las características del suelo usado; el cual tiene un valor de pH extremadamente ácido. En suelos ácidos, el fósforo inorgánico soluble es fijado por aluminio, manganeso y hierro (Huck *et al.*, 2014). El análisis de suelo confirma la baja disponibilidad de P disponible para la planta y por el contrario, altas

concentraciones de Al, Mn y Fe. Por tanto, en futuras investigaciones se propondría el suministro conjunto de fosfato y fosfito vía foliar, asegurando que la proporción del primero sea superior. Se destaca también que en este estudio solo se evaluó una dosis de fosfito. Es pertinente indicar que el Phi puede funcionar como un bioestimulante si se proporciona a la planta en formas y dosis adecuadas Moor *et al.* (2009), lo cual es dependiente de la especie en estudio. Las tendencias del fosfito, a incrementar los sólidos solubles totales en tallos molederos observadas, si bien no fueron significativas, podrían potenciarse con distintas dosis de fosfito.

2.6 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de estudio, en esta investigación no se observaron efectos significativos, del fosfito en las variables evaluadas; sin embargo, en ambas variedades de caña se observó que el fosfito tiende a aumentar la concentración de sólidos solubles en tallos molederos. Por otra parte, este estudio proporciona información exploratoria valiosa sobre el uso del fosfito en el cultivo de caña de azúcar, que representa una fuente de información para estudios futuros relacionados.

2.7 LITERATURA CITADA

- Achary, V. M. M., Ram, B., Manna, M., Datta, D., Bhatt, A., Reddy, M. K., Agrawal, P. K. 2017. Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control. *Plant Biotechnology Journal* 15: 1493-1508. Doi: 10.1111/pbi.12803
- Alcántar, G. G., Sandoval V., M. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Publicación especial No. 10. Chapingo, México.
- Bremner JM. 1965. Total nitrogen. *In*: Black, C. A. (ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy* 9. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA. pp. 1149-1178
- Castro-Nava, S., López-Santillán, J. A., Briones-Encinia, F. 2010. Retos y perspectivas de la caña de azúcar en Tamaulipas. *CienciaUAT* 4: 38-43.
- CONADESUCA, 2018. CAÑA DE AZÚCAR ESTADÍSTICAS INTERNACIONALES DE PRODUCCIÓN. (file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1048.pdf).

- Estrada-Ortiz, E., Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., Núñez-Escobar, R., Sandoval-Villa, M. 2011. Biochemical responses in strawberry plants supplying phosphorus in the form of phosphite. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17: 129-138.
- Estrada-Ortiz, E., Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., Núñez-Escobar, R., Sandoval-Villa, M. 2012. Phosphite on growth and fruit quality in strawberry. *Acta Horticulturae* 947: 277-282. Doi: 10.17660/ActaHortic.2012.947.35
- Estrada-Ortiz, E., Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., Silva-Rojas, H. V., Castillo-González, A. M., and Avitia-García, E. (2016). Physiological responses of chard and lettuce to phosphite supply in nutrient solution. *Journal of Agricultural Science and Technology* 18: 1079-1090.
- Fernández, V., Brown, P. H. 2013. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in Plant Sciences* 4: 289. Doi: 10.3389/fpls.2013.00289
- Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I. 2015. Biostimulant activity of phosphite in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196: 82-90. Doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.035
- Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., Morales-Ramos, V., Salazar-Ortiz, J., Velasco-Velasco, J., Senties-Herrera, H. E., Ladewig, P. 2014. Necessities for innovation in the production of sugarcane (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad* 7: 22-26.
- Huck, Y. C., Ahmed, O. H., Majid, N. M. A. 2014. Improving Phosphorus Availability in an Acid Soil Using Organic Amendments Produced from Agroindustrial Wastes. *The Scientific World Journal* 2014: 506356. Doi: 10.1155/2014/506356
- Kariman, K., Barker, S. J., Jost, R., Finnegan, P. M., Tibbett, M. 2016. Sensitivity of jarrah (*Eucalyptus marginata*) to phosphate, phosphite, and arsenate pulses as influenced by fungal symbiotic associations. *Mycorrhiza* 26: 401-415. Doi: 10.1007/s00572-015-0674-z
- Liljeroth, E., Lankinen, A., Wiik, L., Dhar, B. D., Alexandersson, E., Andreasson, E. 2016. Potassium phosphite combined with reduced doses of fungicides provides efficient

protection against potato late blight in large-scale field trials. *Crop Protection* 86: 42-55.
Doi: 10.1016/j.cropro.2016.04.003

López-Arredondo, D. L., Herrera-Estrella, L. 2013. A novel dominant selectable system for the selection of transgenic plants under *in vitro* and greenhouse condition based on phosphite metabolism. *Plant Biotechnology Journal* 11: 516-525. Doi: 10.1111/pbi.12063

McDonald, A. E., Niere, J. O., Plaxton, W. C. 2001. Phosphite disrupts the acclimation of *Saccharomyces cerevisiae* to phosphate starvation. *Canadian Journal of Microbiology* 47: 969-978.

Moor, U., Poldma, P., Tonutare, T., Karp, K., Starast, M., Vool, E. 2009. Effect of phosphate fertilization on growth, yield and fruit composition of strawberries. *Scientia Horticulturae* 119: 264-269.

Ojeda-Bustamante, W., Sifuentes-Ibarra, E., Rojano-Aguilar, A., Íñiguez-Covarrubias, M. 2012. Adaptación de la agricultura de riego ante el cambio climático. *Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos* 4: 65-113.

SAS Institute Inc. 2011. *SAS/STAT Users Guide*. Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, N. C., USA

Sentíes-Herrera, H. E., L. I. Trejo-Téllez, F. C. Gómez-Merino. 2017. The Mexican sugarcane production system: History, current status and new trends. In: R. Morphy (Ed.), *Sugarcane: Production, Systems, Uses and Economic Importance*. Nova Publishers: New York, USA. pp. 39-71.

Trejo-Téllez, L. I., Estrada-Ortiz, E., Gómez-Merino, F. C., Becker, C., Krumbein, A., Schwarz, D. 2019. Flavonoid, nitrate and glucosinolate concentrations in brassica species are differentially affected by photosynthetically active radiation, phosphate and phosphite. *Frontiers in Plant Science* 10: 371. Doi: 10.3389/fpls.2019.00371

Yañez-Juárez, M. G., López-Orona, C. A., Ayala-Tafoya, F., Partida-Ruvalcaba, L., Velázquez-Alcaraz, T. J., Medina-López, R. 2018. Los fosfitos como alternativa para el manejo de problemas fitopatológicos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 36(1): 79-94.