



Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar, A. C.

LA INVESTIGACIÓN NOS UNE Y LA
AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR LA RESPALDA.

METODOLOGÍA EMPLEADA POR EL
CIDCA
PARA LA SELECCIÓN DE VARIEDADES
DE CAÑA DE AZÚCAR.
Saccharum spp.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CARACTERES MORFOLÓGICOS.....	3
EL TALLO	3
LA HOJA.....	4
PRODUCCIÓN DE HÍBRIDOS.....	5
PREPARACIÓN DEL SUSTRATO	6
SIEMBRA DE SEMILLA SEXUAL.....	7
PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	8
TRASPLANTE INDIVIDUAL	9
INOCULACIÓN DEL VIRUS MOSAICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (SCMV)	10
TRASPLANTE A CAMPO	12
FASES DE SELECCIÓN.....	12
FASE PLÁNTULA	12
FASE CEPA.....	14
FASE SURCO	15
FASE PARCELA.....	16
FASE MULTIPLICACIÓN I.....	16
FASE PRUEBA DE ADAPTABILIDAD	17
FASE MULTIPLICACIÓN II.....	17
FASE EVALUACIÓN AGROINDUSTRIAL	18
FASE MULTIPLICACIÓN III.....	18
FASE PRUEBA SEMICOMERCIAL	18
PARÁMETROS AGRONÓMICOS DE EVALUACIÓN.....	20
DETERMINACIÓN DE BRIX.....	20
PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	20
DIÁMETRO	21
ALTURA DEL TALLO	21
POBLACIÓN DE TALLOS	22
FLORACIÓN	22
MÉDULA.....	23
OQUEDAD.....	23
UNIFORMIDAD DE DESARROLLO	24
TIPO DE YEMA	24
TENACIDAD	25

HÁBITO DE CRECIMIENTO.....	25
CIERRE DE CAMPO	26
DESPAJE	26
RESISTENCIA AL ACAME	27
REACCIÓN A HERBICIDAS.....	27
PUBESCENCIA	27
DETERIORO	28
PORTE	29
CALIFICACIÓN GENERAL.....	29
CARACTERÍSTICAS FITOSANITARIAS	30
PLAGAS	30
PULGÓN AMARILLO.....	31
MOSCA PINTA O SALIVAZO	31
RATA DE CAMPO	32
<i>Sigmodon</i> spp. / <i>Oryzomys couesi</i> (Alston, 1877) / <i>Handleyomys rostratus</i> Merriam, 1901 / <i>Peromyscus</i> spp.	32
ENFERMEDADES	33
CARBÓN	33
ROYA NARANJA.....	34
ESCALDADURA DE LA HOJA	35
RAYA ROJA	36
MANCHA DE OJO	37
MANCHA DE ANILLO.....	37
PECA AMARILLA	38
VIRUS DEL MOSAICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (SCMV)	39
VIRUS DE LA HOJA AMARILLA (ScYLV)	40
COLOROSIS	41
CARACTERÍSTICAS INDUSTRIALES	43
BRIX	43
BRIX REFRACTOMÉTRICO	43
SACAROSA.....	43
POL	43
PUREZA	43
AZÚCARES REDUCTORES	43
FIBRA	44
RENDIMIENTO DE AZÚCAR TEÓRICO POR HECTÁREA.....	44

COLOR DE JUGO	44
ALMIDÓN	44
CURVAS DE MADUREZ	44
MADURACIÓN	45
JUGOSIDAD	45
DUREZA DE LA CORTEZA.....	45
CARACTERÍSTICAS DE ADAPTACIÓN	45
ALTITUD.....	46
PRECIPITACIÓN Y SEQUÍA	46
VIENTOS	47
HELADAS	47
SUELOS	47
REACCIONES A LAS PRÁCTICAS DE COSECHA	47
BIBLIOGRAFÍA	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rangos de nomenclatura para los CRVCA.	16
Cuadro 2. Fases selectivas del CIDCA.	19
Cuadro 3. Rangos de calificación de los parámetros de selección.	20
Cuadro 4. Escala de calificación del porcentaje de germinación.	20
Cuadro 5. Escala de calificación para el diámetro de tallo.	21
Cuadro 6. Escala de calificación para la altura del tallo.	21
Cuadro 7. Escala de calificación para una población de tallos.	22
Cuadro 8. Escala de calificación para la floración de tallos.	23
Cuadro 9. Escala de calificación para la médula de los tallos.	23
Cuadro 10. Escala de calificación para la oquedad de los tallos.	24
Cuadro 11. Escala de calificación para la uniformidad de desarrollo de los tallos.	24
Cuadro 12. Escala de calificación para el tipo de yema.	25
Cuadro 13. Escala de calificación para la tenacidad de los tallos.	25
Cuadro 14. Escala de calificación para el hábito de crecimiento.	26
Cuadro 15. Escala de calificación para el cierre de campo.	26
Cuadro 16. Escala de calificación para el despaje de los tallos.	26
Cuadro 17. Escala de calificación para la resistencia al acame.	27
Cuadro 18. Escala de calificación para la reacción a herbicidas.	27
Cuadro 19. Escala de calificación para la pubescencia.	28
Cuadro 20. Escala de calificación para el deterioro.	28
Cuadro 21. Escala de calificación para el porte.	29
Cuadro 22. Escala de calificación general.	29
Cuadro 23. Escala de calificación para el grado de infestación del barrenador.	30
Cuadro 24. Escala de calificación para el grado de intensidad del barrenador.	30
Cuadro 25. Escala de calificación para el grado de infestación del pulgón amarillo.	31
Cuadro 26. Escala del grado de infestación de mosca pinta.	32
Cuadro 27. Escala del grado de daño de la rata de campo.	32
Cuadro 28. Escala de porcentaje de infección del carbón.	33
Cuadro 29. Escala de calificación para roya marrón o café.	34
Cuadro 30. Escala para la calificación de resistencia de la caña de azúcar a las royas.	34
Cuadro 31. Escala del grado de reacción para escaldadura de la hoja.	36
Cuadro 32. Escala para evaluación de raya roja.	36
Cuadro 33. Escala para evaluación de mancha de ojo.	37
Cuadro 34. Escala para evaluación de mancha de anillo.	37
Cuadro 35. Escala para evaluación de Pokkah boeng.	38
Cuadro 36. Escala para evaluación de peca amarilla.	39
Cuadro 37. Escala para evaluación de SCMV.	39
Cuadro 38. Escala para evaluación de virus de la hoja amarilla.	41
Cuadro 39. Escala para evaluación de clorosis.	41
Cuadro 40. Escala para evaluación de sanidad.	42
Cuadro 41. Escala para la determinación del tipo de madurez.	44
Cuadro 42. Escala para determinar la jugosidad.	45
Cuadro 43. Escala para determinar la dureza de la corteza.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Diagrama de operación del CIDCA.....	2
Figura 2.- Nudo y entrenudo del tallo de la caña de azúcar.....	3
Figura 3.- Formas del entrenudo.....	4
Figura 4.- Formas de la yema.....	4
Figura 5.- Vaina de la hoja.....	5
Figura 6.- Aurículas o procesos auriculares.....	5
Figura 7.- Tolva de 1 m ³ del pasteurizador.....	6
Figura 8.- Proceso de pasteurización del sustrato.....	6
Figura 9.- Llenado de charolas con sustrato pasteurizado.....	7
Figura 10.- Aplicación de fungicida al sustrato.....	7
Figura 11.- Siembra de semilla híbrida con su respectiva identificación.....	8
Figura 12.- La semilla se cubre con una ligera capa de sustrato.....	8
Figura 13.- Riego ligero con agua de lluvia.....	8
Figura 14.- Conteo de plántulas emergidas.....	9
Figura 15.- Podas de plántulas.....	9
Figura 16.- Individualización de plántulas.....	10
Figura 17.- Trasplante individual en charolas.....	10
Figura 18.- Corte de hojas y cogollos infectados de SCMV.....	11
Figura 19.- Corte de hojas y cogollos infectados de SCMV.....	11
Figura 20.- Se procede a moler los trozos de hojas y cogollos infectados de SCMV.....	11
Figura 21.- Inoculación mecánica en las hojas de las plántulas.....	11
Figura 22.- Podas posteriores a la inoculación de SCMV.....	11
Figura 23.- Podas posteriores a la inoculación de SCMV.....	11
Figura 24.- Distribución de plántulas en campo.....	12
Figura 25.- Distribución de plántulas en campo.....	12
Figura 26.- Barbecho con arado de discos.....	13
Figura 27.- Rastreo del terreno.....	13
Figura 28.- Surcado del terreno.....	14
Figura 29.- Riego de asiento.....	14
Figura 30.- Aplicación de herbicida pre-emergente.....	14
Figura 31.- Medición de diámetro de tallo.....	21
Figura 32.- Calificación para la altura del tallo.....	22
Figura 33.- Calificación para la altura del tallo.....	22
Figura 34.- Escala de calificación para la médula de los tallos.....	23
Figura 35.- Escala de calificación para la oquedad de los tallos.....	24
Figura 36.- Escala de calificación para la tenacidad de los tallos.....	25
Figura 37.- Pubescencia de la caña de azúcar.....	28
Figura 38.- Daño de barrenador.....	31
Figura 39.- Pústulas de roya marrón o café.....	34
Figura 40.- Pústulas de roya naranja.....	35
Figura 41.- Síntomas de escaldadura de la hoja.....	36
Figura 42.- Síntomas de Pokkah boeng.....	38
Figura 43.- Síntomas del mosaico de la caña de azúcar.....	40
Figura 44.- Síntomas de la hoja amarilla.....	40

AGRADECIMIENTOS

La creación y el desarrollo del proceso de evaluación y selección de variedades de caña de azúcar en México, ha sufrido cambios principalmente en el proceso de obtención durante las diferentes fases de selección, las cuales se adhirieron al Sistema Louisiana Modificado, como resultado de la experiencia de varios investigadores del Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar de 1953 a 1991, lo cual permitió incrementar su eficiencia. La última contribución a dicha metodología y en la cual se basa el Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar, A. C. (CIDCA) para desarrollar variedades comerciales de caña de azúcar que incrementen la productividad del campo cañero mexicano, es la del Ing. José Martínez Arroyo, quién por varios años fue el Jefe del Campo Experimental Izúcar, del ingenio Atencingo, a la cual los fitomejoradores del CIDCA, han adicionado algunas modificaciones con el objetivo de incrementar la eficiencia de la metodología, en algunos parámetros de selección. Por lo anterior, manifestamos nuestro agradecimiento y el crédito correspondiente a todas y cada una de las personas que contribuyeron a la elaboración de esta metodología.

Atentamente

Dr. Carlos Flores Revilla
Director General del CIDCA

INTRODUCCIÓN

El centro de origen de las especies *S. officinarum* y *S. spontaneum* de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) se sitúa en el Sureste de Asia y Nueva Guinea (Henry y Kole, 2010).

Las variedades comerciales actuales de caña de azúcar son híbridos interespecíficos provenientes de cruzamientos entre *S. officinarum* ($2n = 10x = 80$) y *S. spontaneum* ($2n = 40-128$), con contribuciones de cuatro especies más: *S. robustum*, *S. sinense*, *S. barberi* y *S. edule* (Moore y Botha, 2013).

El mejoramiento genético de esta especie inició con la selección y cruzamientos entre clones de *S. officinarum*, que se caracterizaban por sus altos rendimientos de biomasa y azúcar. Posteriormente se realizaron cruzamientos inter-específicos entre *S. officinarum* y otras especies, principalmente *S. spontaneum* que tienen menores rendimientos de sacarosa, pero aportan un alto vigor de rebrote, resistencia a enfermedades y adaptabilidad. Se considera que la base genética de las variedades comerciales es estrecha, debido a que provienen de 15 a 20 híbridos originales, que se obtuvieron en Java, Barbados e India (Silva *et al.*, 2011).

La incidencia de plagas y enfermedades reduce la producción de campo entre 15 a 30% (Huang *et al.*, 2018), por lo que se requieren variedades comerciales resistentes o tolerantes a enfermedades con rendimientos de campo y fábrica óptimos.

Cada año se realizan cruzamientos manuales que generan cientos de progenies que de manera individual se evalúan en varias fases de selección, hasta liberar una variedad comercial. El proceso de obtención de variedades de caña es lento y costoso pues requiere entre 9 y 15 años (Stringer *et al.*, 2011; Salazar, 2021).

Los programas de mejoramiento genético de caña de azúcar en el mundo se fundamentan en la hibridación como un principio básico en el proceso de la obtención de variedades mejoradas y por otra parte en la evaluación y selección de híbridos en etapas sucesivas y secuenciadas. Estas últimas en México se desarrollan en sitios específicos definidos como Centros Regionales de Variedades de Caña de Azúcar (CRVCA) y posteriormente en el área de influencia de los ingenios asignados a cada CRVCA.

La selección de plántulas puede basarse en selección masal, familiar o una selección combinada masal y familiar. El método de selección masal también se le conoce como selección individual o selección clonal individual y consiste en realizar la selección con base a fenotipos individuales (Quemé *et al.*, 2012).

Este método de selección es el que actualmente utiliza el CIDCA y consta de 10 fases selectivas (figura 1 y cuadro 2).

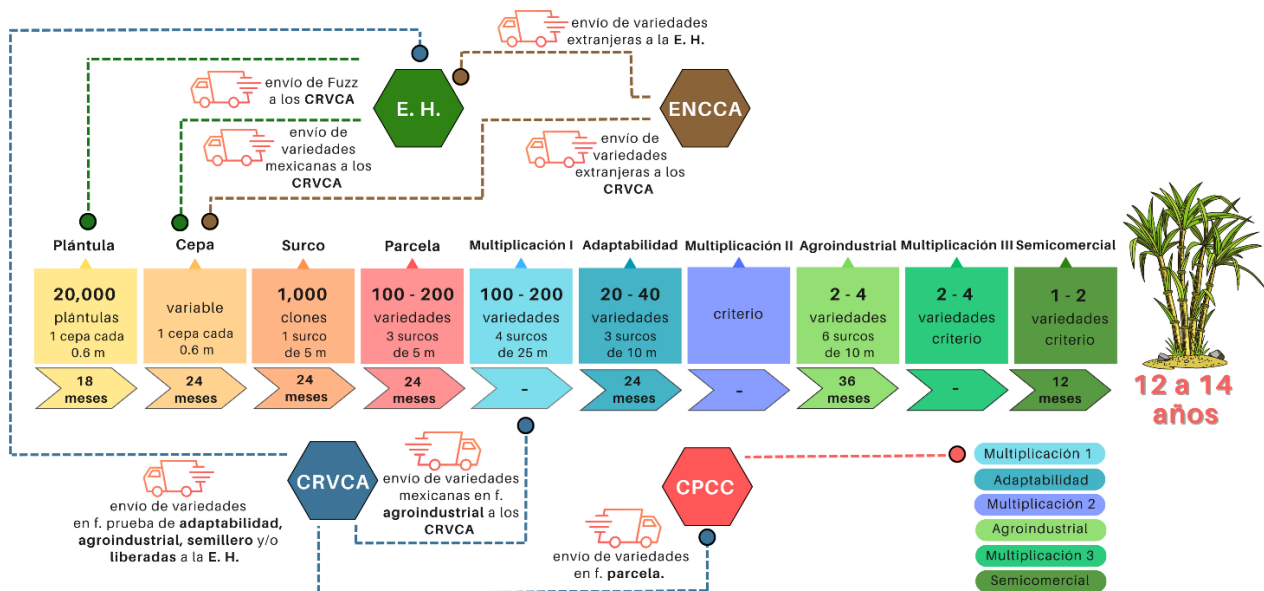


Figura 1.- Diagrama de operación del CIDCA.

El principal objetivo de la evaluación y selección de variedades de caña de azúcar es detectar genotipos de alto rendimiento agroindustrial, resistentes a plagas, enfermedades y con adaptación a diferentes condiciones agroecológicas del país, considerando la evaluación progresiva de menos genotipos en mayor superficie, hasta obtener una o más variedades que igualen o superen a las variedades en cultivo comercial.

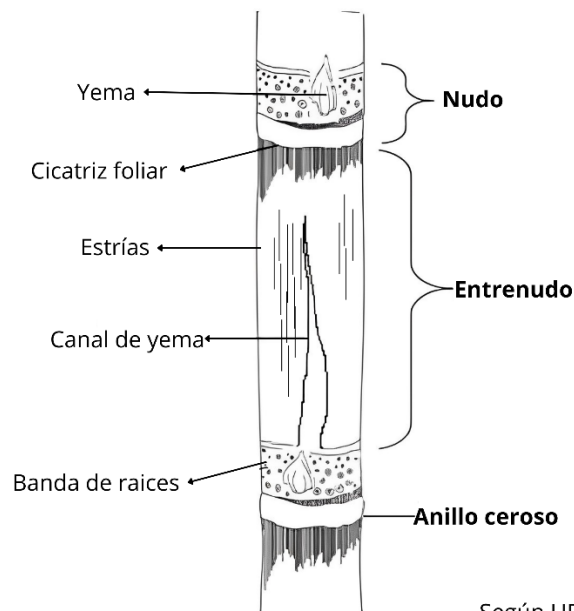
CARACTERES MORFOLÓGICOS

La caña de azúcar se desarrolla en forma de cepas, cuya parte aérea está formada por tallos, hojas, inflorescencias y semillas, mientras que la parte subterránea está compuesta por raíces y rizomas (Mozambani *et al.*, 2006). La parte morfológica de la caña de azúcar de interés comercial es el tallo, que posee sacarosa industrializable y otros subproductos.

La composición química de los tallos es variable en función de diversos factores como: la variedad, edad fisiológica, condiciones climáticas durante el desarrollo, maduración, entre otras (Marques *et al.*, 2001).

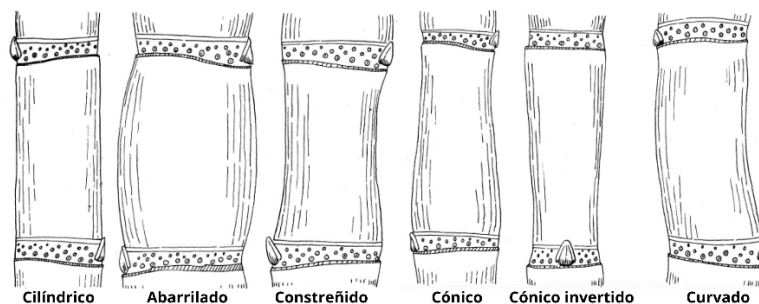
EL TALLO

El tallo de caña de azúcar no presenta ramificaciones, su sección transversal es aproximadamente circular, diferenciado en segmentos compuestos por un nudo y un entrenudo (figura 2). Los nudos están separados por los entrenudos los cuales pueden ser de diferente forma (figura 3) y generalmente son más espaciados en la parte de la base de la planta y se reducen en la parte superior del tallo. La yema se encuentra en la banda de las raíces arriba de la cicatriz foliar. Su posición en el tallo es opuesta y alterna en cada nudo, en ella se distingue el poro germinativo que es donde emerge el brote que dará origen a una nueva planta (figura 4). La yema puede o no sobrepasar el anillo de crecimiento.



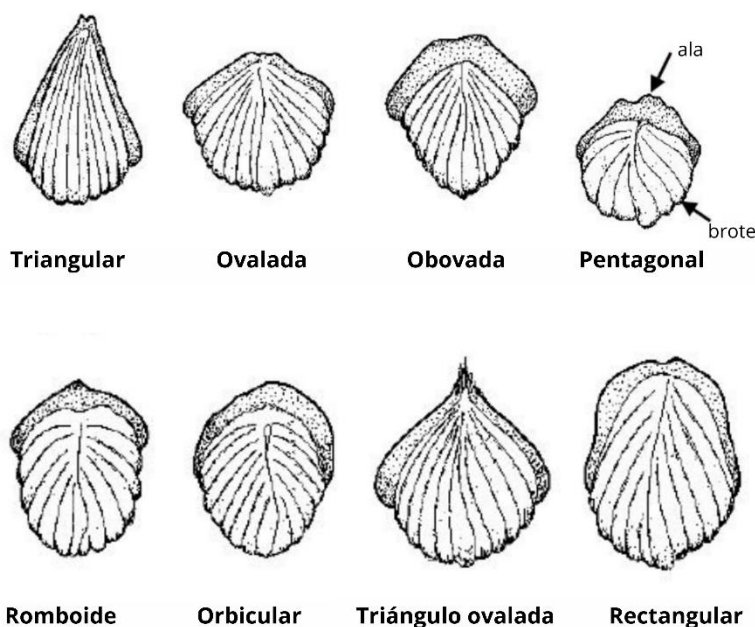
Según UPOV, 2020.

Figura 2.- Nudo y entrenudo del tallo de la caña de azúcar.



Según UPOV, 2020.

Figura 3.- Formas del entrenudo.



Según UPOV, 2020.

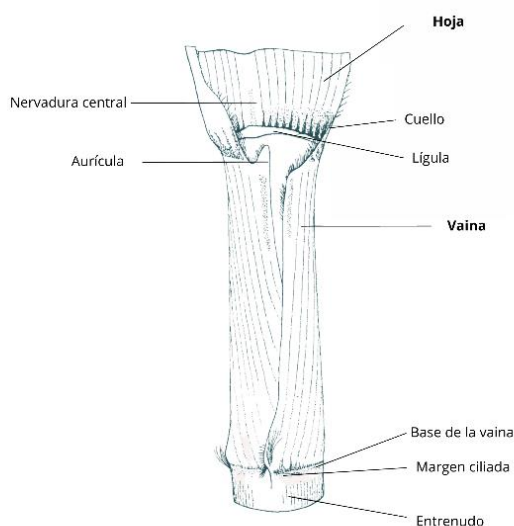
Figura 4.- Formas de la yema.

LA HOJA

La hoja está compuesta por la vaina y lámina foliar, estas se unen al tallo en la base de los nudos, de modo alternado en dos líneas opuestas al tallo (James, 2003).

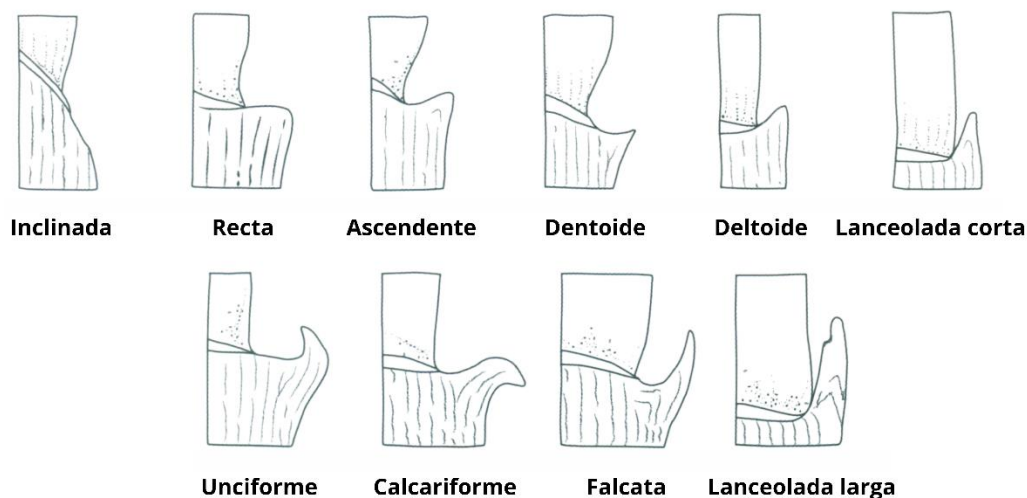
La lámina foliar es de forma lanceolada y estrecha la cual se entra unida a la vaina. Se diferencia principalmente por su longitud, anchura y disposición. La vaina es la parte inferior de la hoja, que se abraza al tallo para sostener la lámina foliar y proteger los tejidos jóvenes del tallo (figura 5).

Las características de la vaina utilizadas en su descripción morfológica son: color, pelusa, aurícula y deshoje. La aurícula corresponde a la descripción de la forma y distribución de los dos lóbulos triangulares visibles en las esquinas superiores de la vaina (figura 6).



Según UPOV, 2020.

Figura 5.- Vaina de la hoja.



Según CENICAÑA, 2013.

Figura 6.- Aurículas o procesos auriculares.

PRODUCCIÓN DE HÍBRIDOS

La semilla sexual obtenida de los cruzamientos realizados en la Estación de Hibridación (E.H.) durante los meses de octubre a diciembre, es remitida en el mes de junio o julio del año subsecuente a los CRVCA para iniciar el proceso de producción de híbridos.

La siembra tiene que realizarse de forma inmediata a su recepción, en caso contrario debe mantenerse en refrigeración a una temperatura entre 0° y 5°C hasta el momento de iniciar su siembra, considerando que su viabilidad puede verse afectada.

La producción de plántulas debe hacerse bajo condiciones protegidas en un vivero, cobertizo o invernadero con objeto de reducir las condiciones adversas como bajas temperaturas, vientos fuertes, lluvia, granizo, plagas y otros.

PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

El sustrato para la siembra de la semilla sexual empleado en la E.H. se compone de tierra vegetal, composta y arena de río, en proporción 7:3:1, respectivamente. Sin embargo, cada CRVCA puede utilizar el sustrato más adecuado para la buena germinación de la semilla con base a los materiales disponibles en su zona de influencia. Martínez (2012) utiliza la proporción de seis partes de tierra agrícola de buena calidad (suelo franco), tres de composta y una de arena fina de río, 6:3:1.

La pasteurización del sustrato ofrece una alternativa efectiva en sustitución del uso del bromuro de metilo prohibido en 2005 (https://siebringmfg.com/soil_pasteurization/), mediante la cual se eliminan algunas malezas, plagas y patógenos, que afectan la germinación de la semilla y el desarrollo de la plántula, por tal razón en la E.H. se pasteuriza con el equipo SG15 steam generator (SIEBRING), donde el sustrato se coloca en la tolva del pasteurizador (1.0 m³) y se cubre con una lona (figura 7).

Posteriormente se calienta en el equipo de pasteurización a una temperatura entre 60-80 °C mediante inyección de vapor de agua presurizado durante 3 horas (figura 8), transcurrido el tiempo se deja reposar 24 horas, lográndose así la pasteurización del sustrato.



Figura 7.- Tolva de 1 m³ del pasteurizador.



Figura 8.- Proceso de pasteurización del sustrato.

Con el sustrato pasteurizado se llenan y nivelan las charolas de germinación (charolas de plástico con dimensiones de 50 x 35 x 11 cm de largo, ancho y alto respectivamente) procurando que el nivel del sustrato quede 5 cm por debajo del borde (figura 9).



Figura 9.- Llenado de charolas con sustrato pasteurizado.

Para el control de hongos se aplica al sustrato de cada caja germinadora 1 litro de agua conteniendo 2 g de captan (figura 10).



Figura 10.- Aplicación de fungicida al sustrato.

SIEMBRA DE SEMILLA SEXUAL

Previo a la siembra el sustrato se lleva a capacidad de campo (CC) y con la semilla sexual debidamente identificada se procede a distribuir de forma cuidadosa, de manera uniforme y al voleo, sobre el sustrato (figuras 11 y 12). Por lo regular se sugiere sembrar de 1.0 a 3.0 g por charola germinadora, dependiendo de la cantidad de semilla enviada y con base a la prueba de germinación estimada por la E.H., habrá de tomarse la decisión correcta de la cantidad de semilla sembrar.



Figura 11.- Siembra de semilla híbrida con su respectiva identificación.



Figura 12.- La semilla se cubre con una ligera capa de sustrato.

Una vez distribuida la semilla, se procede a cubrir agregando una fina capa de sustrato y posteriormente se da un riego ligero (figura 13), el agua empleada para regar preferentemente debe ser de lluvia y/o cumplir con la calidad y sanidad adecuada que permita el buen desarrollo de la planta, los riegos deben de aplicarse en forma ligera y frecuente con una aspersora de mochila manteniendo la CC durante el desarrollo de las plántulas.



Figura 13.- Riego ligero con agua de lluvia.

PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

El conteo total de las plántulas emergidas de cada cruzamiento se realiza a los 30 días después de la siembra (figura 14), para determinar el porcentaje de germinación se considera que cada gramo de semilla sexual contiene en promedio de 2,200 semillas; Martínez (2012) sugiere como alternativa el método del rectángulo para dicha actividad.



Figura 14.- Conteo de plántulas emergidas.

TRASPLANTE INDIVIDUAL

A partir de los 40 a 45 días posteriores a la siembra, las plantas se podan cada semana con la finalidad de aumentar la aireación entre ellas y estimular el desarrollo (figura 15), hasta realizar el trasplante individual, el cual debe de efectuarse aproximadamente a los 90 días de la siembra.



Figura 15.- Podas de plántulas.

El trasplante individual puede realizarse en charolas de plástico o camas de vivero, mismas que deben rotularse y etiquetarse, una vez realizado el trasplante es importante fertilizar con urea en una dosis de 0.25 g/planta y podar frecuentemente para incrementar el grosor del tallo y el sistema radicular de cada una de las plantas; también es importante el monitoreo de plagas y enfermedades para su control oportuno (figuras 16 y 17).



Figura 16.- Individualización de plántulas.



Figura 17.- Trasplante individual en charolas.

INOCULACIÓN DEL VIRUS MOSAICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (SCMV)

La inoculación del virus del mosaico de la caña de azúcar se realiza a los 120 días después de la siembra, para ello es necesario disponer de una fuente de inóculo con variedades susceptibles al SCMV (figuras 18, 19, 20, 21, 22 y 23).

Para la preparación del inóculo se requiere:

- 1) Colectar hojas y cogollos con síntomas de SCMV.
- 2) Pesar 1 kg del material colectado.
- 3) Cortar las hojas y cogollos en trozos pequeños.
- 4) Colocar el material infectado en un litro que contenga 100 ml de solución amortiguadora y 900 ml de agua destilada y mezclar uniformemente.
- 5) Moler la mezcla con un molino manual (nixtamal) y colectar el inóculo en un contenedor.

La inoculación es mecánica y debe realizarse de la siguiente manera:

- 6) Introducir un cepillo de alambre en el inóculo y posteriormente pasarlo sobre el follaje de los híbridos hasta causar una lesión y facilitar la penetración del SCMV.

La evaluación de incidencia del SCMV se efectúa de la siguiente manera:

- 7) Cuantificar y eliminar todos los híbridos con síntomas del SCMV a los 15 y 30 días después de la inoculación.
- 8) El cálculo de la incidencia de la enfermedad se realiza con la siguiente ecuación:

$$Incidencia = \frac{(\text{número de híbridos por cruzamiento con síntomas de SCMV}) \times 100}{\text{número de híbridos totales por cruzamiento}}$$

Podas:

- 9) Posterior a la inoculación con el SCMV, se realizan 2 ó 3 podas para aumentar el vigor de los híbridos.



Figura 18.- Corte de hojas y cogollos infectados de SCMV.



Figura 19.- Corte de hojas y cogollos infectados de SCMV.



Figura 20.- Se procede a moler los trozos de hojas y cogollos infectados de SCMV.



Figura 21.- Inoculación mecánica en las hojas de las plántulas.



Figura 22.- Podas posteriores a la inoculación de SCMV.

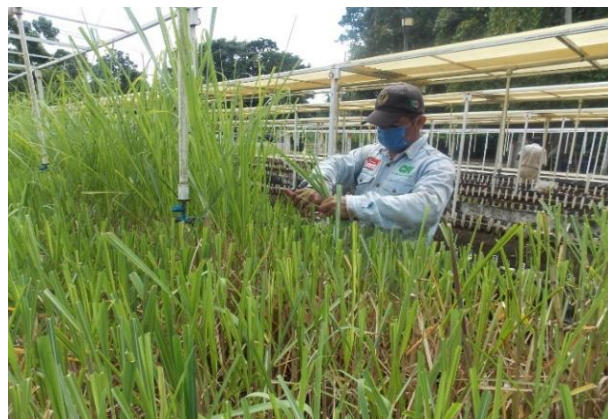


Figura 23.- Podas posteriores a la inoculación de SCMV.

TRASPLANTE A CAMPO

Una vez obtenido el total de plántulas libres del SCMV de cada cruzamiento, se procede a realizar un croquis de siembra para el establecimiento de la primera fase de selección, considerando su distribución en campo bajo el sistema en culebrilla o por familias (figura 24 y 25). El lote experimental donde se realizará el trasplante de todas las plántulas debe estar previamente preparado y trazado.



Figura 24.- Distribución de plántulas en campo.



Figura 25.- Distribución de plántulas en campo.

FASES DE SELECCIÓN

FASE PLÁNTULA

La preparación del lote experimental, las labores de cultivo y las aplicaciones de agroquímicos, se realizan de acuerdo con el paquete tecnológico vigente del Ingenio más cercano al CRVCA. En la E.H. la preparación consiste en un barbecho, dos pasos de rastra, surcado a 1.5 m de distancia, riego de asiento y aplicación de herbicida pre-emergente (figuras 26, 27, 28, 29 y 30).

El trasplante debe realizarse durante la época más adecuada, considerando la disponibilidad de agua para riego, distribuyendo un híbrido cada 0.6 m y surcos de protección en el contorno de cada bloque (se sugiere 1 ha) del lote experimental para evitar el efecto de borde, estos surcos están conformados por variedades comerciales de la región.

A los 30 días de efectuado el trasplante, se evalúa el porcentaje de prendimiento de cada uno de los cruzamientos o familias, relacionando el número de plántulas prendidas con el de trasplantadas.

La distribución de los híbridos se realiza en dos surcos, cada familia está integrada hasta por 90 híbridos, esto con la finalidad de eficientizar las evaluaciones en campo; los testigos son intercalados de manera aleatorizada dentro de cada bloque.

Martínez (2012) sugiere el sistema de culebrilla, en donde se emplearán como testigos 3 variedades comerciales de madurez contrastante, que correspondan a la zona ecológica

representativa donde se establecerá el experimento, de estos se siembran en forma alternada, así como al iniciar y finalizar cada cruza.

Con fines prácticos y de manejo, se sugiere dividir las parcelas en lotes de 16 surcos, de tal forma que cada lote esté separado por 3 surcos de una variedad comercial, el surco central se siembra en forma tradicional y en los dos de la orilla se siembran 2 trozos de una yema cada 0.6m (igual que los híbridos); al principio y al final de cada uno de los 16 surcos del lote también se siembran 2 trozos de una yema, de esta manera se pretende seleccionar bajo el sistema de competencia completa (Martínez, 2012).

Una vez establecida esta fase debe rozarse entre los cuatro a seis meses de edad, con el objetivo de en ciclar con el periodo convencional de desarrollo del cultivo comercial de la zona y seleccionarse a los 12 meses de edad en ciclo soca.

La selección en esta fase se realiza mediante rangos determinados por las variedades testigo, comparándose con los híbridos de acuerdo con las principales características: brix, población, diámetro, altura de los tallos, médula y oquedad, tomando en cuenta la sanidad de las principales enfermedades a nivel nacional (mosaico, carbón, escaldadura, virus de hoja amarilla) y regional de cada CRVCA. La presión de selección que se ejerce en esta fase selectiva será aproximadamente del 5.0 %, considerando que esta fase es el inicio del proceso de selección dicha presión puede ser más amplia, debido a que el fitomejorador tiene la capacidad de decidir que híbrido cuenta con un potencial para llegar a ser una variedad comercial.

Finalmente, los híbridos seleccionados se etiquetan para ser cortados y establecer la fase selectiva denominada surco.



Figura 26.- Barbecho con arado de discos.



Figura 27.- Rastreo del terreno.



Figura 28.- Surcado del terreno.



Figura 29.- Riego de asiento.



Figura 30.- Aplicación de herbicida pre-emergente.

FASE CEPA

Esta fase de selección se establece con las variedades que remite la EH, la ENCCA y las que se intercambian entre los CRVCA; debido a que la cantidad de material es reducida, se sugiere sembrarlo por yema individual en vivero, para su posterior trasplante o en caso contrario su siembra puede ser directa en campo, con un croquis previamente elaborado.

La siembra en campo se realiza con dos estacas de tres o cuatro yemas (total de plántulas obtenidas en el vivero) por variedad, en una zona ecológica representativa, la distancia entre cepas de centro a centro, es de 1.20 m y la distancia entre surcos es de 1.5 m, las variedades en el campo se distribuyen siguiendo el sistema de culebrilla y se intercalan con testigos, utilizando variedades comerciales de madurez temprana, media y tardía del área de influencia de la zona de abastecimiento, de una forma alternada y con una frecuencia entre 4.0 y 5.0%, sin olvidar que los testigos se emplearán siempre como referentes en las evaluaciones.

Con la finalidad de que las variedades sean seleccionadas con competencia completa, se recomienda sembrar en el perímetro del lote experimental cepas de una variedad comercial de la zona.

El manejo del cultivo se realiza con el paquete tecnológico empleado en la zona de abastecimiento del ingenio.

Las características que se utilizan para la evaluación y selección de las variedades son: germinación, brix, sanidad, diámetro, floración, médula, oquedad, población y altura de los tallos. Las evaluaciones se realizan trimestralmente en ciclo planta y soca, empleando principalmente la evaluación del ciclo soca y en caso necesario apoyada con la evaluación de ciclo planta, sin olvidar que los problemas fitosanitarios de las enfermedades mayores son discriminatorios. Así mismo, es importante destacar que debe ser respetada la nomenclatura original de las variedades y por ninguna razón debe ser modificada.

FASE SURCO

Esta fase de selección se establece con la semilla de las variedades seleccionadas en fase cepa, ciclo soca, y/o con los híbridos seleccionados en fase plántula, al igual que la fase anterior se establece en una zona agroecológica representativa de la zona de abastecimiento del ingenio, se siembra a cordón doble un surco de 5.0 m de longitud por variedad, con una separación entre surcos de 1.5 m; la distribución de los materiales se realiza empleando el sistema de culebrilla intercalando en forma alternada y con frecuencia entre 4.0 y 5.0%, variedades comerciales de madurez temprana, media y tardía como testigos los cuales servirán siempre de referencia en las evaluaciones; con un croquis de siembra previamente elaborado. El manejo del cultivo se realiza con el paquete tecnológico empleado en la zona de abastecimiento del ingenio.

Los criterios que se utilizan para la evaluación y selección de las variedades son: brix, sanidad, diámetro, floración, médula, oquedad, población, germinación y altura de los tallos, para estos tres últimos parámetros se considera a todo el surco como unidad de evaluación y el valor para la altura debe representar la media de los tallos, sin olvidar que los problemas fitosanitarios de las enfermedades mayores son discriminatorios y que las evaluaciones se realizan trimestralmente en ciclo planta y soca. Es importante destacar que el material seleccionado que provenga de la fase plántula, se le asigna la nomenclatura correcta con base a los rangos establecidos por el CIDCA para cada CRVCA y los convenios internacionales vigentes. Finalmente, todos los materiales seleccionados en esta fase adquieren la categoría de variedad.

Las variedades mexicanas de caña de azúcar deben designarse con las siglas Mex, seguidas por los dos primeros dígitos de la generación ya sea material de origen sexual o asexual, seguido por el número de híbrido seleccionado, previo rango establecido, indicado en el cuadro 1.

Los cruzamientos donde intervenga al menos un progenitor CC con origen de CENICAÑA Colombia deben de incluir en su nomenclatura las siglas CC después de Mex (MexCC).

No debemos olvidar que la nomenclatura de las variedades procedentes de la fase cepa ciclo soca, con que también se puede establecer esta fase de selección ya tiene su nomenclatura asignada y ésta debe ser respetada y por ningún motivo modificada.

El material seleccionado en ciclo soca se utilizará para establecer la fase denominada parcela.

Cuadro 1. Rangos de nomenclatura para los CRVCA.

Región Golfo	Rango
La Gloria	0 - 300
Motzorongo	301 - 600
San Cristóbal	601 - 900
San Pedro	901 - 1200
C. P. Tabasco	1201 - 1500
Región Centro	
Atencingo	1501 - 1800
Región Huastecas	
El Mante	1801 - 2100
El Estribo	2101 - 2400
Región Pacífico	
Eldorado	2401 - 2700
INIFAP, Colima	2701 - 3000
Tamazula	3001 - 3300
Estación de Hibridación	3301 - 3600

FASE PARCELA

Esta fase de selección se establece en terrenos preferentemente homogéneos con semilla seleccionada de la fase surco en ciclo soca, se siembra a cordón doble tres surcos de 5.0 m de longitud con una separación de 1.5 m entre surcos (unidad experimental), siguiendo el sistema de culebrilla para distribuirlos e intercalando en forma alternada variedades comerciales de madurez temprana, media y tardía como testigos, una cada 5 o 10 unidades experimentales dependiendo de la superficie disponible, los cuales servirán siempre de referencia en las evaluaciones, con un croquis de siembra previamente elaborado. El manejo del cultivo se realiza con el paquete tecnológico empleado en la zona de abastecimiento del ingenio. Los parámetros de selección que se evalúan son: brix, sanidad, porcentaje de germinación, diámetro, altura, población, floración, médula, oquedad, uniformidad de desarrollo, tipo de yema y tenacidad, sin olvidar que los problemas fitosanitarios de las enfermedades mayores son discriminatorios y que las evaluaciones se realizan trimestralmente en el surco central en los ciclos planta y soca.

FASE MULTIPLICACIÓN I

La semilla que se emplea para establecer esta multiplicación proviene de las variedades seleccionadas en fase parcela ciclo soca y se siembran cuatro surcos de 25.0 m de longitud (unidad experimental) utilizando la distancia de surco convencional empleada en la zona de abastecimiento del ingenio y se incluyen las variedades comerciales de madurez temprana, media y tardía como testigos, los cuales servirán siempre de referencia en las evaluaciones; la siembra se establece con un croquis previamente elaborado y el manejo del cultivo se realiza con el paquete tecnológico utilizado en el área de influencia.

En esta fase se evalúa de forma trimestral y en ciclo planta la sanidad, además debe determinarse a partir de los nueve meses la sacarosa, pureza y fibra para obtener la curva de madurez. Por otra parte, debe mantenerse en ciclo soca y resoca para disponer de semilla suficiente con la cual se establecerá la fase denominada prueba de adaptabilidad y la fase multiplicación II.

FASE PRUEBA DE ADAPTABILIDAD

El objetivo de esta fase de selección es determinar la adaptación a diferentes condiciones agroecológicas de la zona de abastecimiento del ingenio tales como: altitud, régimen pluviométrico, tipo de suelos, drenaje, resistencia a sequía, acame y heladas, entre otras propias de la región.

Esta fase de selección se establece con la semilla de la multiplicación I en ciclo planta y se siembran 3 surcos de 10 m de longitud por variedad (unidad experimental), utilizando la distancia entre surcos empleada en la región, e intercalando en forma alternada variedades comerciales de madurez temprana, media y tardía como testigos, preferentemente una cada 10 unidades experimentales dependiendo de la superficie disponible, los cuales servirán siempre de referencia en las evaluaciones, la siembra se realiza con un croquis previamente elaborado, el manejo del cultivo se realiza con el paquete tecnológico utilizado en el área de influencia.

Los parámetros de selección que se evalúan son: brix, sanidad, porcentaje de germinación, diámetro, altura, población, floración, médula, oquedad, uniformidad de desarrollo, tipo de yema, tenacidad, hábito de crecimiento, cierre de campo, despaje, resistencia al acame, reacción a los herbicidas, cantidad de ahuates o pubescencia, jugosidad, deterioro y análisis Pol-Ratio, considerando que los problemas fitosanitarios de las enfermedades mayores son discriminatorios y que las evaluaciones se realizan trimestralmente en el surco central en los ciclos planta y soca.

Para determinar la curva de madurez de las variedades en esta fase de selección, se establece un lote experimental anexo en cantidad suficiente para obtener las muestras de los tallos a partir de los 9 meses y hasta la cosecha para realizar los análisis en el laboratorio y dar cumplimiento a este objetivo.

FASE MULTIPLICACIÓN II

El objetivo de esta fase es obtener semilla de buena calidad y en cantidad necesaria para establecer posteriormente la fase de evaluación agroindustrial y enviar material suficiente para efectuar las pruebas de resistencia a las principales enfermedades, por lo tanto, la superficie que se siembra queda a criterio del fitomejorador; la semilla que se utiliza para establecer esta fase de selección es la que se obtuvo de la fase prueba de adaptabilidad, ciclo soca y la semilla de la fase de multiplicación I en ciclo resoca. El único parámetro que se evalúa es el de sanidad, el cual se realiza trimestralmente en ciclo planta, sin embargo, esta multiplicación debe mantenerse hasta el ciclo resoca.

FASE EVALUACIÓN AGROINDUSTRIAL

El establecimiento de esta fase selectiva se hace con las variedades seleccionadas en fase prueba de adaptabilidad ciclo soca, empleando la semilla de la fase de multiplicación II, las variedades se agrupan por su tipo de madurez; se utiliza el diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones y cada unidad experimental o variedad está conformada por 6 surcos de 10.0 m de longitud y se incluyen dos o tres variedades como testigos, los cuales servirán siempre de referencia en las evaluaciones, la siembra se realiza con un croquis previamente elaborado y el manejo del cultivo se lleva a cabo con el paquete tecnológico utilizado en el área de influencia del ingenio.

Los parámetros de selección que se evalúan son: brix, sanidad, porcentaje de germinación, diámetro, altura, población, floración, médula, oquedad, uniformidad de desarrollo, tipo de yema, tenacidad, hábito de crecimiento, cierre de campo, despaje, resistencia al acame, reacción a los herbicidas, cantidad de ahuates o pubescencia, jugosidad, deterioro, análisis Pol-Ratio, dureza de la corteza y rendimiento de campo, considerando que los problemas fitosanitarios de las enfermedades mayores son discriminatorios y que las evaluaciones se realizan trimestralmente en los 4 surcos centrales de cada unidad experimental en los ciclos planta, soca y resoca.

Por otra parte, se complementa la información de adaptación de las variedades que inició en la fase prueba de adaptabilidad y se continúa con los análisis de Pol-Ratio, tomando las muestras de los tallos del lote que se sembró particularmente para obtener las curvas de madurez.

FASE MULTIPLICACIÓN III

El establecimiento de esta fase se realiza con los resultados obtenidos en la fase de evaluación agroindustrial ciclo soca, empleando como semilla los tallos de los surcos orilleros de las variedades sobresalientes previo a la cosecha en ciclo soca o la semilla de la fase de multiplicación II en ciclo resoca, la superficie de siembra será variable, dependiendo de la cantidad de semilla disponible.

El único parámetro que se evalúa es el de sanidad, el cual se realiza trimestralmente en ciclo planta.

FASE PRUEBA SEMICOMERCIAL

La semilla que se utiliza para esta fase puede provenir de la fase de multiplicación III ciclo planta, de la multiplicación II ciclo resoca y/o de los surcos orilleros de la unidad experimental de la fase agroindustrial ciclo resoca, previo a la cosecha, la superficie de siembra será variable dependiendo de la cantidad de semilla disponible.

En esta fase selectiva se confirma la curva de madurez y algunos parámetros de selección en ciclo planta si fuera necesario, además se complementan las características botánicas y agronómicas para obtener la caracterización completa de las próximas variedades comerciales.

Cuadro 2. Fases selectivas del CIDCA.

NÚM.	FASE	SEMILLA	CANTIDAD DE YEMAS/UE	UNIDAD EXPERIMENTAL (UE)	CICLOS	NÚM. MATERIALES	NÚM. DE GENERACIONES	SUP. (Ha)	SUP. TOTAL (Ha)
1	FASE PLÁNTULA	Sexual EH	1	1 planta	Planta y Soca	20,000	2	2.00	4.00
2	FASE CEPA	Estacas EH, ENCCA y CRVCA	6	1 cepa	Planta y Soca	200	2	0.05	0.10
3	FASE SURCO	Estacas F. Plántula y F. Cepa	60	1 surco de 5 m.	Planta y Soca	1,000	2	1.25	2.50
4	FASE PARCELA	Estacas de F. surco	180	3 surcos de 5 m.	Planta y Soca	100	2	0.50	1.00
5	FASE MULTIPLICACIÓN I	Estacas F. parcela	1200	4 surcos de 25 m.	Planta, Soca y Resoca	±50	3	1.00	3.00
6	FASE ADAPTABILIDAD*	Estacas de F. multiplicación I	360	3 surcos de 10 m.	Planta y Soca	±20	2	0.25	0.50
7	FASE MULTIPLICACIÓN II*	Estacas de F. Prueba de Adaptabilidad y Multiplicación I	a criterio	suficiente superficie a criterio.	Planta, Soca y Resoca	±20	3	0.25	0.75
8	FASE AGROINDUSTRIAL*	Estacas de F. Multiplicación II	2880	6 surcos y 10 m de longitud	Planta, Soca y Resoca	±5	3	0.50	1.50
9	FASE MULTIPLICACIÓN III*	Estacas de F. Multiplicación II y F. E. Agroindustrial	a criterio	suficiente superficie a criterio.	Planta, Soca y Resoca	±5	3	0.25	0.75
10	FASE PRUEBA SEMICOMERCIAL*	Estacas de F. Multiplicación II y III, F. E. Agroindustrial	a criterio	suficiente superficie a criterio.	Planta, Soca y Resoca	±4	3	1.00	3.00

PARÁMETROS AGRONÓMICOS DE EVALUACIÓN

Para determinar los rangos de selección en cada fase selectiva, se realiza la medición de al menos 35 valores de las características que se evalúan en todas las variedades testigo.

Con base a lo anterior se obtiene la media y la desviación estándar lo que permite determinar los rangos y categorías para la selección de los materiales (cuadro 3).

Cuadro 3. Rangos de calificación de los parámetros de selección.

RANGO DE CALIFICACIÓN			CATEGORÍA DE HÍBRIDO	ESCALA
Superior	a	$(X + 2S)$	Muy Superior	1
$(X + S)$	a	$(X + 2S)$	Superior	2
$(X - S)$	a	$(X + S - 0.1)$	Igual	3
$(X - 2S)$	a	$(X - S - 0.1)$	Inferior	4
Inferior	a	$(X - 2S)$	Muy Inferior	5

X=media; S= Desviación estándar

DETERMINACIÓN DE BRIX

Los grados brix, se determinan con el refractómetro de mano, de una muestra extraída con el punzón de capsula, la cual es obtenida del tercio medio del tallo de cada unidad experimental.

PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Este parámetro se evalúa a los 40 días después de la siembra, dentro de la parcela útil, contando el número de yemas sembradas y el número de yemas brotadas en cada unidad experimental.

El porcentaje de germinación es igual al número de yemas brotadas multiplicadas por 100 y el valor obtenido dividido entre el número total de yemas sembradas, la calificación se indica en el cuadro 4.

Cuadro 4. Escala de calificación del porcentaje de germinación.

% DE GERMINACIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
Del 80% en adelante	Muy buena	1
Del 50% al 80%	Buena	2
Del 30 al 50%	Regular	3
Menos del 30%	Mala	4

DIÁMETRO

Esta característica se evalúa a los 12 meses de edad en el tercio medio de los tallos y la parte media de los canutos, utilizando un vernier, el cual se coloca de frente hacia la posición de la yema (figura 31), la calificación se indica en el cuadro 5.

Cuadro 5. Escala de calificación para el diámetro de tallo.

DIÁMETRO	CATEGORÍA	ESCALA
Mayor de 3.0 cm	Grueso	1
De 2.0 a 2.9 cm	Medio	2
Menor de 2.0 cm	Delgado	3

Nota: este es un valor de clasificación que lo determinan las variedades testigo indicado en el cuadro 3.



Figura 31.- Medición de diámetro de tallo.

ALTURA DEL TALLO

Esta característica se mide desde la base del tallo hasta el último collar visible de cada unidad experimental y se lleva a cabo trimestralmente (figuras 32 y 33). La altura de los tallos es uno de los parámetros más influenciados por el medio ambiente, la calificación se indica en el cuadro 6.

Cuadro 6. Escala de calificación para la altura del tallo.

RANGO DE CALIFICACIÓN	ESCALA
Muy superior al testigo	1
Superior al testigo	2
Igual al testigo	3
Inferior al testigo	4
Muy inferior al testigo	5

Nota: Este es un valor de clasificación que lo determinan las variedades testigo indicado en el cuadro 3.



Figura 32.- Calificación para la altura del tallo.



Figura 33.- Calificación para la altura del tallo.

POBLACIÓN DE TALLOS

Este parámetro se evalúa trimestralmente, el conteo de tallos se realiza por cada unidad experimental evaluada y se compara con los valores obtenidos de las variedades testigo, la escala se indica en el cuadro 7.

Cuadro 7. Escala de calificación para una población de tallos.		
CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
De 80 mil tallos/ha en adelante	Muy buena	1
De 60 mil tallos/ha a 79 mil	Buena	2
De 40 mil tallos/ha a 59 mil	Regular	3
Menos de 40 mil tallos/ha	Mala	4

Nota: Este es un valor de clasificación que lo determinan las variedades testigo indicado en el cuadro 3.

FLORACIÓN

Este parámetro se evalúa previo a la cosecha y se calcula con base al número de panículas y hojas bandera respecto al número total de tallos molederos de cada unidad experimental, la escala se indica en el cuadro 8.

La floración será negativa cuando los tallos presenten médula en abundancia o bien producción de lalas.

Cuadro 8. Escala de calificación para la floración de tallos.

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
Sin floración	Nula	1
Flor de 0.1 al 20%	Escasa	2
Flor de 20.1 al 50%	Regular	3
Flor de 50.1 al 80%	Profusa	4
Flor mayor al 80%	Muy profusa	5

MÉDULA

La médula es una forma de deterioro interno del tallo que está representado por un aparente acorchamiento que puede o no presentarse a lo largo del mismo, la evaluación de este parámetro se realiza a los 12 o 14 meses de edad y para cuantificarlo se troza con machete dos a tres tallos, canuto por canuto, observando la cantidad y longitud que alcanza este deterioro a partir del tercio superior hacia abajo del tallo, la escala se indica en el cuadro 9 y figura 34.

Cuadro 9. Escala de calificación para la médula de los tallos.

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
Caña sólida	Ausente	1
Presencia de tejido corchoso en el tercio superior	Poca	2
Parte del tercio superior acorchado	Regular	3
Tercio superior acorchado	Abundante	4
Tercio superior y medio acorchado	Muy abundante	5

**Figura 34.- Escala de calificación para la médula de los tallos.**

OQUEDAD

La oquedad es una forma de deterioro caracterizada por un orificio o ahuecamiento interno del tallo que puede o no presentarse a lo largo del mismo, la evaluación de este parámetro se realiza a los 12 o 14 meses de edad y para cuantificarlo se troza con machete dos a tres tallos, canuto por canuto, observando la cantidad y longitud que alcanza el ahuecamiento, considerando como su origen la base del tallo, la escala se indica en el cuadro 10 y figura 35.

Cuadro 10. Escala de calificación para la oquedad de los tallos.

CONDICIÓN	CATEGORÍA	ESCALA
Caña sólida	Ausente	1
Orificio longitudinal ligero en el tercio inferior	Poca	2
Orificio longitudinal de diámetro menor a 5 mm	Regular	3
Orificio de diámetro mayor a 5 mm en el tercio inferior	Abundante	4
Orificio de diámetro mayor a 5 mm en los tercios inferior y medio	Muy abundante	5

**Figura 35.-** Escala de calificación para la oquedad de los tallos.

UNIFORMIDAD DE DESARROLLO

Este parámetro de evaluación es apreciativo en cuanto a la homogeneidad de la población de caña en lo que se refiere al diámetro, altura y población de tallos, se califica a los 12 meses de edad, la escala se indica en el cuadro 11.

Cuadro 11. Escala de calificación para la uniformidad de desarrollo de los tallos.

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
Uniformidad en grosor, altura y población de tallos	Excelente	1
Uniformidad en grosor y altura de los tallos	Buena	2
Heterogeneidad en grosor de los tallos	Regular	3
Heterogeneidad acentuada en altura de los tallos	Mala	4
Heterogeneidad acentuada en grosor de los tallos	Pésima	5

TIPO DE YEMA

Este parámetro de evaluación es apreciativo y se realiza a los 12 meses de edad en la parte media del tallo moledero, el tipo de yema abultada se daña con facilidad además tiende a brotar prematuramente, por tal motivo se considera un factor desfavorable, la escala se indica en el cuadro 12.

Cuadro 12. Escala de calificación para el tipo de yema.

CALIFICACIÓN	ESCALA
Aplanada	1
Normal	2
Poco abultada	3
Abultada	4
Abultada brotada	5

TENACIDAD

Para evaluar este parámetro se seleccionan tres tallos molederos al azar de la unidad experimental, este consiste en la acción de flexionar los tallos en dirección hacia el suelo y observar su punto de quiebre, la evaluación se realiza a los 12 meses de edad, la escala se indica en el cuadro 13 y figura 36.

Cuadro 13. Escala de calificación para la tenacidad de los tallos.

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
No se quiebra	Tenaz	1
Quiebra casi a nivel del suelo	Buena	2
Quiebra a los 45°	Regular	3
Quiebra antes de los 45°	Frágil	4

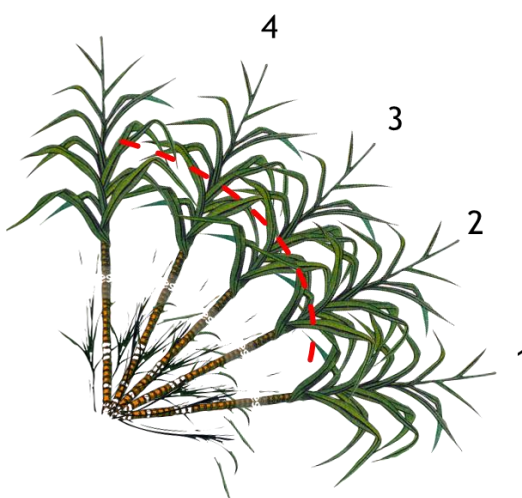


Figura 36.- Escala de calificación para la tenacidad de los tallos.

HÁBITO DE CRECIMIENTO

Este parámetro se refiere a la forma del crecimiento del tallo, que puede ser de tipo erecto o con cierto grado de inclinación, teniendo presente que esta característica de la variedad

es la de mayor importancia para la cosecha mecanizada, se evalúa a los 12 meses de edad, la escala se indica en el cuadro 14.

Cuadro 14. Escala de calificación para el hábito de crecimiento.

CONDICIÓN	ESCALA
Erecta	1
Inclinada, menos de 45°	2
Inclinada, menos de 45° en canasta	3
Inclinada, más de 45°	4
Inclinada, más de 45° en canasta	5

CIERRE DE CAMPO

La evaluación de este parámetro está en función al grado del entrecruce de las hojas en surcos contiguos y la precocidad en que se presenta, ya que el sombreado del suelo provocado por el cierre de campo influye en el desarrollo de la maleza y la conservación de la humedad en el suelo, esta característica se evalúa entre los 3 y 6 meses de edad, la escala se indica en el cuadro 15.

Cuadro 15. Escala de calificación para el cierre de campo.

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
Cobertura completa	Excelente	1
Cobertura suficiente	Bueno	2
Cobertura aceptable	Regular	3
Cobertura deficiente	Malo	4
Cobertura mínima	Pésimo	5

DESPAJE

Esta característica se refiere a la dificultad o facilidad que tiene la hoja para desprenderse del tallo, es una característica primordial para la cosecha mecánica y relevante para la siembra, la evaluación se realiza a los 12 meses de edad, la escala se indica en el cuadro 16.

Cuadro 16. Escala de calificación para el despaje de los tallos.

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
La hoja se cae sola (despaje natural)	Excelente	1
La hoja se cae fácilmente al pasarle el machete o jalarla con la mano	Bueno	2
La hoja presenta cierta dificultad para caerse al pasarle el machete o jalarla con la mano	Regular	3
La hoja difícilmente se cae al jalarla o pasarle el machete	Malo	4
La vaina completa o su mayor parte permanece adherida al tallo, después de pasarle el machete o jalar la hoja	Pésimo	5

RESISTENCIA AL ACAME

Este parámetro se refiere a la resistencia natural que tienen los tallos a inclinarse o volcarse y mantenerse en esa forma respecto a su hábito de crecimiento, el cual está ligado directamente a esta característica, se evalúa entre los 12 y 14 meses de edad, la escala se indica en el cuadro 17.

Cuadro 17. Escala de calificación para la resistencia al acame.

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
Mantiene su mismo hábito de crecimiento	Muy resistente	1
Leve inclinación respecto a su hábito de crecimiento	Resistente	2
Inclinación regular respecto a su hábito de crecimiento sin llegar al acame	Tolerante	3
Se mantiene el acame por manchones	Susceptible	4
Se presenta el acame en forma generalizada	Altamente susceptible	5

REACCIÓN A HERBICIDAS

La escala de evaluación para la reacción a los herbicidas se basa en la sintomatología que presentan las variedades después de la aplicación de un ingrediente activo, dosis y edad, la escala se indica en el cuadro 18.

Cuadro 18. Escala de calificación para la reacción a herbicidas.

SINTOMATOLOGÍA	CALIFICACIÓN	ESCALA
Follaje normal, sin aparente lesión.	Altamente resistente	1
Ligera clorosis; amarillamiento foliar tenue que aparece al tercer día de la aplicación y persiste en base al metabolismo de la planta y su edad.	Resistente	2
Mediana clorosis; amarillamiento foliar más marcado, quemadura de las puntas de la hoja, necrosamientos ligeros; caída de algunas hojas, pero aún con área foliar verde.	Tolerante	3
Clorosis persistente; desecación total de las hojas, pero con reposición del 70% de plantas afectadas; inhibición del crecimiento en tallos pequeños.	Susceptible	4
Muerte del 80% al 100% de tallos; clorosis marcada, avance lento del necrosamiento de hojas y tallos; olor fermentado, detención del crecimiento.	Altamente susceptible	5

PUBESCENCIA

Este parámetro se refiere a la presencia de ahuates en la vaina de las hojas (figura 37), esta característica tiene una influencia negativa sobre la siembra y la cosecha ya que provoca

molestias al momento de su manipulación; se califica de forma apreciativa entre los 9 y 12 meses de edad, la escala se indica en el cuadro 19.

Cuadro 19. Escala de calificación para la pubescencia.

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
Ausencia	Glabra	1
Pocos	Con ahuates	2
Regular	Ahuatosa	3
Abundantes	Muy ahuatosa	4



Figura 37.- Pubescencia de la caña de azúcar.

DETERIORO

Este parámetro es apreciativo y está en función de la presencia de raíces adventicias, yemas brotadas, grietas y tallos quebrados, se evalúa a los 9 y 12 meses de edad, la escala se indica en el cuadro 20.

Cuadro 20. Escala de calificación para el deterioro.

CALIFICACIÓN	ESCALA
Normal	1
Mínimo	2
Poco	3
Regular	4
Abundante	5

PORTE

Este parámetro refleja las características agronómicas más importantes y evidentes de la variedad como el hábito de crecimiento, la uniformidad de desarrollo, el vigor, la sanidad, el despaje, la floración, entre otras, tomando como punto de referencia a las variedades testigo; se realiza de los 9 a los 12 meses de edad, la escala se indica en el cuadro 21.

Cuadro 21. Escala de calificación para el porte.

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
El aspecto de la variedad debe ser superior al mejor testigo.	Excelente	1
El aspecto de la variedad es similar al mejor testigo.	Muy buena	2
El aspecto de la variedad es equiparable a los testigos de comportamiento intermedio.	Buena	3
El aspecto de la variedad es similar al testigo de comportamiento inferior.	Regular	4
El aspecto de la variedad es inferior al testigo de peor comportamiento.	Mala	5

CALIFICACIÓN GENERAL

Esta calificación de las variedades se realiza en forma ponderada y deben considerarse todos los criterios de selección, tomando siempre como referencia a las variedades testigo, la escala se indica en el cuadro 22.

Cuadro 22. Escala de calificación general.

CALIFICACIÓN	ESCALA
Muy superior al testigo	1
Superior al testigo	2
Igual al testigo	3
Inferior al testigo	4
Muy inferior al testigo	5

CARACTERÍSTICAS FITOSANITARIAS

PLAGAS

Es necesario evaluar todas aquellas plagas que tengan importancia económica en la zona de abastecimiento, las calificaciones se realizan visualmente y en forma trimestral, en caso de presentarse una nueva plaga, deberá implementarse una escala para su evaluación.

BARRENADOR (Infestación)

Diatraea spp.

El conteo de cogollos muertos para determinar el grado de infestación del barrenador del tallo de la caña de azúcar, se realiza en pelillos de 2 a 6 meses de edad, en uno de los surcos centrales de la unidad experimental (con longitud de 10.0 m), la escala se indica en el cuadro 23.

Cuadro 23. Escala de calificación para el grado de infestación del barrenador.

NÚMERO DE COGOLLOS MUERTOS	CALIFICACIÓN	ESCALA
0	Nula	1
De 1 a 3	Baja	2
De 4 a 7	Media	3
De 8 a 12	Alta	4
Más de 12	Grave	5

BARRENADOR (Intensidad)

Diatraea spp.

Para determinar la intensidad de esta plaga, se realiza el muestreo en 5 cepas tomadas al azar dentro de la unidad experimental, se despajan los tallos de cada cepa que deben tener cuando menos 4 canutos bien desarrollados, posteriormente se cuenta el número de canutos barrenados por la parte externa de la corteza (figura 38), el total de canutos dañados se expresa como porcentaje del total de canutos en la muestra. El porcentaje de intensidad obtenido se emplea como índice para estimar el grado de ataque de la plaga, la escala se indica en el cuadro 24.

Cuadro 24. Escala de calificación para el grado de intensidad del barrenador.

PORCIENTO DE INTENSIDAD	CALIFICACIÓN	ESCALA
0.0 a 5.0	Baja	1
5.1 a 10.0	Moderada	2
10.1 a 15.0	Media	3
15.1 a 25.0	Alta	4
Más de 25	Grave	5



Figura 38.- Daño de barrenador.

PULGÓN AMARILLO

Sipha flava

El grado de infestación de esta plaga se realiza cuando la caña de azúcar tiene 4 meses de edad, para evaluar este parámetro se eligen cinco puntos de muestreo en el campo, utilizando el método de la ficha 5 de dominó, en cada punto se cortan 5 hojas infestadas en una longitud de 10.0 m lineales de surco y se cuantifican el número de pulgones, la escala se indica en el cuadro 25.

Cuadro 25. Escala de calificación para el grado de infestación del pulgón amarillo.

PULGONES POR HOJA	CALIFICACIÓN	ESCALA
5 a 10	Baja	1
11 a 15	Media	2
Más de 15	Alta	3

MOSCA PINTA O SALIVAZO

Aeneolemia spp.

La evaluación de la infestación de esta plaga se obtiene dividiendo la cantidad total de ninfas y adultos, entre el número total de cepas muestreadas, para esto se seleccionan 5 cepas en cada sitio de muestreo, el cual se realiza siguiendo el método de la ficha 5 de dominó, es decir en un total de 25 cepas, dichos puntos de muestreo deben ubicarse al interior del

lote experimental cuando menos a 20 m de distancia de las orillas, es recomendable hacer los muestreos 15 días después de iniciadas las lluvias.

El área que se selecciona para llevar a cabo la evaluación debe representar el 25% de la superficie de cada variedad en ciclo planta, soca y resoca.

El grado de infestación se determina de acuerdo con el promedio de ninfas y adultos en el muestreo, la escala se indica en el cuadro 26.

Cuadro 26. Escala del grado de infestación de mosca pinta.

PROMEDIO DE INFESTACIÓN POR CEPA	CALIFICACIÓN	ESCALA
0 a 5	Bajo	1
6 a 10	Moderado	2
11 a 15	Medio	3
16 a 20	Alto	4
Más de 21	Grave	5

RATA DE CAMPO

Sigmodon spp. / *Oryzomys couesi* (Alston, 1877) / *Handleyomys rostratus* Merriam, 1901 / *Peromyscus* spp.

El grado de daño fresco causado por la rata de campo se obtiene con el número total de tallos dañados obtenidos en el total de secciones de muestreo, dividido entre el total de hectáreas muestreadas.

El muestreo inicia dividiendo el área en secciones de 5 ha y a partir del surco número 15 de cada sección, se eligen 5 surcos al azar de 100 m de longitud donde se cuenta el número de tallos que presentan daño fresco causado por rata, posteriormente se realiza la misma operación en las secciones restantes y finalmente se suman los conteos de todas las secciones, la escala se indica en el cuadro 27.

Cuadro 27. Escala del grado de daño de la rata de campo.

PROMEDIO DE INFESTACIÓN POR CEPA	CALIFICACIÓN	ESCALA
0 a 10	Bajo	1
11 a 20	Medio	2
21 a 30	Alto	3
31 ó mayor	Grave	4

ENFERMEDADES

El grado de resistencia o susceptibilidad de una variedad a las enfermedades mayores en caña de azúcar, es el principal factor para seleccionar o descartar una variedad dentro del proceso de selección, dependiendo de la incidencia y/o severidad de la enfermedad. Las enfermedades consideradas como mayores y/o que causan un grado de daño económico son: carbón (*Sporisorium scitamineum*), roya café (*Puccinia melanocephala*), roya naranja (*Puccinia kuehni*), escaldadura (*Xanthomonas albilineans*) y virus mosaico (SCVM) de la caña de azúcar.

Las evaluaciones fitosanitarias se realizan trimestralmente en forma visual y en la mayoría de estas se utilizan escalas de evaluación para determinar el grado de daño, sin embargo, si algunas variedades presentan un grado de daño moderado, la selección de los materiales quedara a criterio del fitomejorador, quien deberá considerar el contenido de brix y otras características agronómicas que favorezcan la selección del material.

CARBÓN

Agente Causal: *Sporisorium scitamineum* (Sydow) M. Piepenbring = *Ustilago scitaminea* H. Syd & P. Syd.

La evaluación del daño de carbón se realiza tomando como unidad de infección a la cepa, basta con que la cepa presente un látigo de carbón para considerarla como cepa infectada y la respuesta a la enfermedad se asigna de acuerdo con la escala que se indica en el cuadro 28.

Las variedades susceptibles y altamente susceptibles son eliminadas del proceso de selección, mientras que las catalogadas como moderadamente resistentes, quedarán supeditadas al contenido de brix, características agronómicas y al criterio del fitomejorador, esta enfermedad se presenta normalmente entre los meses de febrero a julio.

Cuadro 28. Escala de porcentaje de infección del carbón.

% DE INFECCIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
0	Altamente resistente	1
0.1 - 5	Resistente	2
5.1 - 15	Tolerante	3
15.1 - 30	Susceptible	4
Más de 30	Altamente susceptible	5

ROYA MARRÓN O CAFÉ

Agente causal: *Puccinia melanocephala* H. Syd. & P. Syd.

El daño se determina con base a la sintomatología que se presenta en el área foliar de la planta (figura 39), es una enfermedad que se observa entre los meses de febrero a septiembre y se califica de acuerdo con la escala indicada en el cuadro 29.

Cuadro 29. Escala de calificación para roya marrón o café.

SINTOMATOLOGÍA	CALIFICACIÓN	ESCALA
Manifestación no visible con inóculum presente en el área.	Altamente resistente	1
No muestran síntomas típicos; únicamente puntos cloróticos y puntos necróticos, pústulas ausentes.	Resistente	2
Puntos cloróticos y necróticos, algunas pústulas en las hojas viejas.	Tolerante	3
Pequeñas a grandes manchas irregulares de color rojo a café que pueden estar unidas, con pústulas abiertas produciendo esporas en todas las hojas.	Susceptible	4
Grandes manchas rojizas o necróticas en la hoja con pústulas produciendo esporas. Unión de manchas cubriendo la mayor parte de la superficie foliar de una orilla a la opuesta de la hoja a través de la vena central.	Altamente susceptible	5

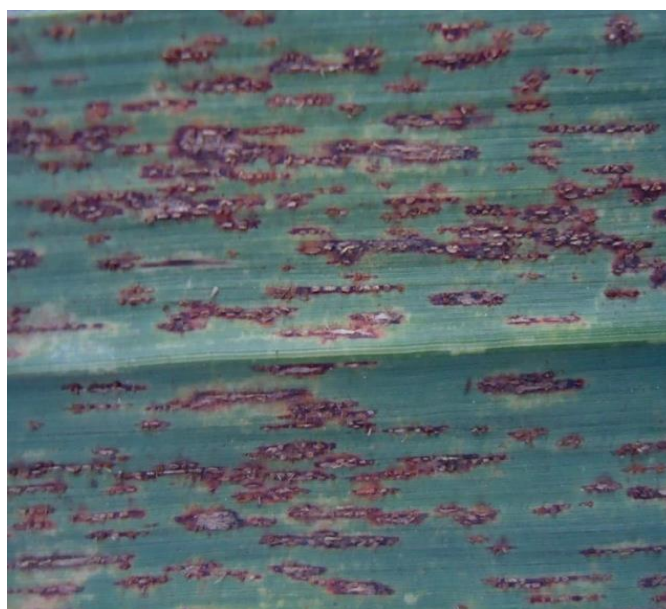


Figura 39.- Pústulas de roya marrón o café.

ROYA NARANJA

Agente causal: *Puccinia kuehnii* (kruger) Butler

La evaluación de esta enfermedad se realiza en la tercera hoja con cuello visible en 20 tallos, en cada hoja se determina el tipo de pústula o reacción (0 – 9) y se calcula el porcentaje de incidencia del daño (0 – 100), de acuerdo con la escala (Purdy y Dean, 1980) y la figura 40:

Cuadro 30. Escala para la calificación de resistencia de la caña de azúcar a las royas.

Reacción	Descripción según el tipo de pústula	Calificación
0	Infección no visible. Roya presente en la zona geográfica.	
1	Pequeñas rayas cloróticas solamente.	
2	Rayas necróticas solamente.	
3	Manchas pequeñas a grandes, de forma irregular, rojas a cafés; pueden estar fusionadas entre sí. Ausencia de pústulas.	Resistente
4	Manchas individuales cloróticas o rojas, con pústulas sin abrir.	
5	Manchas individuales cloróticas o rojas, con pústulas abiertas y produciendo esporas.	
6	Manchas grandes en la hoja, enrojecidas o necróticas, con pústulas produciendo esporas.	Susceptible
7	Manchas rojas o cafés, fusionadas, que cubren gran parte de la lámina foliar de un borde a otro y atraviesan la nervadura central, con pústulas esporulantes.	
8	Las pústulas en tejido clorótico esporulando activamente.	
9	Las pústulas con tejido verde esporulando activamente.	

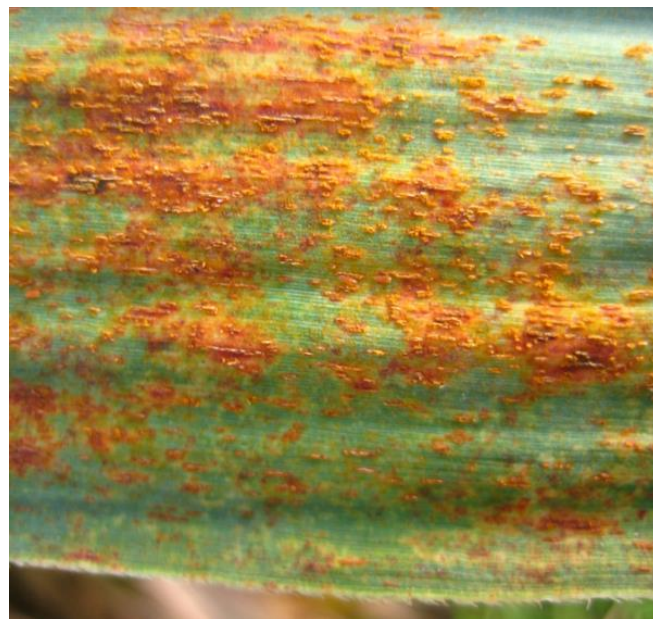
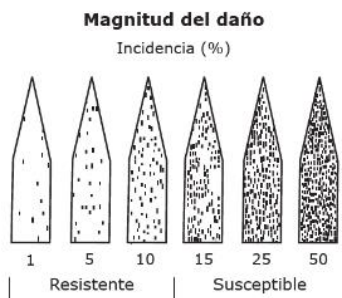
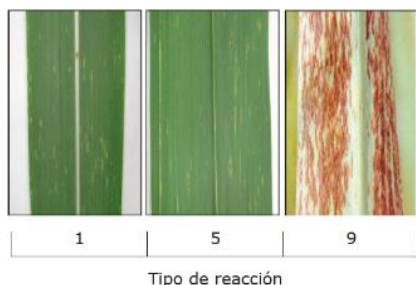


Figura 40.- Pústulas de roya naranja.

Las variedades con infección ≤ 5 e incidencia hasta 12% se consideran resistentes; aquellas con grado ≥ 6 e incidencia mayor de 12% son susceptibles (Victoria J., Moreno C. y Cassalett C. 1989), sin embargo, la resistencia no significa que las variedades sean inmunes. Es importante señalar que esta escala de evaluación también se utiliza para evaluar roya marrón o café (Ángel J., Cadavid M. y Victoria J. I. 2010).

ESCALDADURA DE LA HOJA

Agente causal: *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson

El porcentaje de incidencia de la enfermedad también se ha evaluado de la forma siguiente: $P.I. = 100 \times (\sum TE / \sum TT)$. Donde: P. I. = Porcentaje de incidencia de la enfermedad. $\sum TE$ = Tallos enfermos y $\sum TT$ = Total de tallos (tallos enfermos+tallos sanos). La severidad, de la enfermedad se determina bimestralmente mediante la escala indicada en el cuadro 31 (López *et al.*, 2016).

Cuadro 31. Escala del grado de reacción para escaldadura de la hoja.

SÍNTOMAS EN HOJA	CLASE DE SEVERIDAD	% LÍMITE INFERIOR	PUNTO MEDIO	% LÍMITE SUPERIOR
Hoja sana.	1	0	0	0
De 1 a 2 líneas blancas estrechas (*).	2	1	10.3	19.7
De 20 a 50%, albina o clorótica A 50 a 20% de tejido verde.	3	19.8	50	80.2
De 20 a 10% de tejido verde, resto albino (**) A 10 a 4 % de tejido verde, resto muerto.	4	80.3	88.4	96.5
Hoja muerta o totalmente albina.	5	96.6	-	100

(*) Las líneas blancas son paralelas a la nervadura principal y miden de 1 a 2 mm de amplitud.

(*) Los síntomas albinismo y necrosis, pueden presentarse juntos en una misma hoja.



Figura 41.- Síntomas de escaldadura de la hoja.

RAYA ROJA

Agente causal: *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* (= *Pseudomonas rubrilineans*)

Es una enfermedad de importancia menor que se presenta entre los meses de febrero y octubre, la evaluación de la enfermedad se realiza en el área foliar tomando en consideración la escala indicada en el cuadro 32.

Cuadro 32. Escala para evaluación de raya roja.

SINTOMATOLOGÍA	CALIFICACIÓN	ESCALA
----------------	--------------	--------

Ausencia de lesión.	Altamente Resistente	1
Rayas rojizas afectando hasta el 12% del área foliar.	Resistente	2
Rayas rojizas afectando hasta el 25% del área foliar.	Tolerante	3
Rayas rojizas unidas afectando del 26 al 50% del área foliar.	Susceptible	4
Rayas rojizas unidas afectando más del 50% del área foliar y pudrición del cogollo.	Altamente susceptible	5

MANCHA DE OJO

Agente causal: *Bipolaris sacchari* (Butler y Kahn) Shoemaker & Babcock

Es una enfermedad de importancia menor que se presenta entre los meses de febrero y septiembre, la evaluación de la enfermedad se realiza en el área foliar tomando en consideración la escala indicada en el cuadro 33.

Cuadro 33. Escala para evaluación de mancha de ojo		
SINTOMATOLOGÍA	CALIFICACIÓN	ESCALA
Ausencia de lesión.	Altamente resistente	1
Manchas ovales pequeñas con el centro rojizo en hojas jóvenes.	Resistente	2
Manchas simulando un ojo amarillo, pálido primero, y café hígado después con bandas longitudinales hacia la punta de la hoja; hasta el 25% del área foliar afectada.	Moderadamente resistente	3
Unión de manchas y bandas necróticas en grandes áreas de las hojas; del 26 al 50% del área foliar afectada.	Susceptible	4
Unión de muchas manchas y bandas necróticas en grandes áreas de la hoja más del 51% del área foliar afectada y muerte del cogollo.	Altamente susceptible	5

MANCHA DE ANILLO

Agente causal: *Leptospiraeria sacchari*

Es una que provoca lesiones necróticas sobre las hojas. Su transmisión y diseminación es a través del viento y la lluvia (Ovalle, 1997); la evaluación de la enfermedad se realiza en el área foliar tomando en consideración la escala indicada en el cuadro 34.

Cuadro 34. Escala para evaluación de mancha de anillo.		
SINTOMATOLOGÍA	CALIFICACIÓN	ESCALA

Se caracteriza por causar lesiones necróticas sobre las hojas (principalmente en los bordes de las plantaciones). Un área necrótica de la lesión está rodeada por un anillo de coloración café oscuro y en ocasiones puede confundirse con lesiones causadas por herbicidas.	Presencia	P
Color verde normal.	Ausencia	A

COGOLLO RETORCIDO (Pokkah boeng)

Agente causal: *Gibberella moniliformis* (Sheldon) Wineland
Fusarium moniliforme Sheld. Snyder et Hans

Es una enfermedad de importancia menor que se presenta cuando el ambiente es favorable y la variedad es susceptible, la evaluación de la enfermedad se realiza en el área foliar tomando en consideración la escala indicada en el cuadro 35.

Cuadro 35. Escala para evaluación de Pokkah boeng.

SINTOMATOLOGÍA	CALIFICACIÓN	ESCALA
Ausencia de daño.	Altamente resistente	1
Clorosis y angostamiento de la base de hojas jóvenes.	Resistente	2
Clorosis, deformación y angostamiento de las hojas con presencia de perforaciones.	Tolerante	3
Clorosis y deformación del cogollo, deformación del tallo.	Susceptible	4
Pudrición del cogollo.	Altamente susceptible	5



Figura 42.- Síntomas de Pokkah boeng.

PECA AMARILLA

Agente causal: *Mycovellosiella koepkei* (Krüger) Deighton

Es una enfermedad de importancia menor que puede atacar en forma epidémica destructiva cuando el ambiente es favorable y la variedad es susceptible; la evaluación de la enfermedad se realiza en el área foliar tomando en consideración la escala indicada en el cuadro 36.

Cuadro 36. Escala para evaluación de peca amarilla.

SINTOMATOLOGÍA	CALIFICACIÓN	ESCALA
Hojas sin manifestaciones visibles.	Altamente resistente	1
Pocas manchas o moteado amarillo en la superficie de las hojas.	Resistente	2
Manchas amarillentas con bordes irregulares hasta en un 25 % del área foliar afectada.	Moderadamente resistente	3
Manchas amarillentas con bordes irregulares cubriendo hasta en un 50% del área foliar.	Susceptible	4
Manchas unidas formando áreas necróticas en más del 50% de la superficie foliar.	Altamente susceptible	5

VIRUS DEL MOSAICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (SCMV)

Esta enfermedad provocada por el virus del mosaico de la caña de azúcar se caracteriza por causar la disminución del número y tamaño de los cloroplastos en ciertas áreas de la hoja dejando otras sin daño aparente (Ovalle, 1997), la escala se indica en el cuadro 37.

Cuadro 37. Escala para evaluación de SCMV.

SINTOMATOLOGÍA	CALIFICACIÓN	ESCALA
Se caracteriza por causar la disminución del número y tamaño de los cloroplastos en ciertas áreas de la hoja dejando otras sin daño aparente. Esto provoca el característico síntoma de moteado con áreas verdes normales sobre un fondo de verde más claro o amarillento, con patrones que varían dependiendo de la raza del virus, de la variedad, a veces de la temperatura y otras condiciones de crecimiento.	Presencia	P
Color verde normal.	Ausencia	A



Figura 43.- Síntomas del mosaico de la caña de azúcar.

VIRUS DE LA HOJA AMARILLA (ScYLV)

Agente casual: Sugarcane yellow leaf virus (ScYLV)

La evaluación del SCYLV se registra actualmente como presencia o ausencia de la enfermedad, sin embargo, es necesario implementar escalas de evaluación, por tal razón, se sugiere emplear la escala propuesta por Pawan K. *et al.* (2019), quienes calculan el porcentaje de incidencia sobre la base del número de cañas infectadas y sanas en la parcela. La resistencia a la enfermedad de la hoja amarilla se evalúa al menos en 25 cepas, con base a la severidad de la enfermedad (0 – 5) y el grado se asigna en función de la severidad. El cálculo tanto de la incidencia como de la severidad de la enfermedad para cada variedad se realiza durante dos años (ciclo planta y soca) empleándose la escala indicada en el cuadro 38.



Figura 44.- Síntomas de la hoja amarilla.

Cuadro 38. Escala para evaluación de virus de la hoja amarilla.

GRADO	SEVERIDAD	DESCRIPCIÓN	REACCIÓN A LA ENFERMEDAD
0	0	Sin síntomas de la enfermedad.	Resistente (R)
1	> 0 - 1.0	Amarillamiento leve de la nervadura central en una o dos hojas, sin signos del típico agrupamiento de hojas causado por YLD.	Resistente (R)
2	> 1.0 - 2.0	Amarillamiento prominente de la nervadura central en todas las hojas de la corona. Sin amontonamiento de hojas.	Moderadamente resistente (MR)
3	> 2.0 - 3.0	Progreso del amarillamiento de la nervadura central a la región laminar en el verticilo, amarillamiento en la superficie superior de la hoja y amontonamiento de hojas.	Moderadamente susceptible (MS)
4	> 3.0 - 4.0	Secado de la región laminar desde la punta de la hoja hacia abajo a lo largo de la nervadura central, agrupamiento típico de hojas como un penacho.	Susceptible (S)
5	> 4.0 - 5.0	Retraso en el crecimiento de la caña combinado con secado de hojas sintomáticas.	Altamente susceptible (HS)

CLOROSIS

Los síntomas inician con líneas amarillas entre las venas, desde la base hasta la punta de las hojas más nuevas, pudiéndose llegar a presentar una coloración blanca en toda la planta, semejando un albinismo; los síntomas son ocasionados por falta de fierro en la planta que originan las altas concentraciones de carbonatos de calcio presentes en el suelo por lo que está considerada como una enfermedad abiótica de importancia económica y se califica con la escala indicada en el cuadro 39.

Cuadro 39. Escala para evaluación de clorosis.

SINTOMATOLOGÍA	CALIFICACIÓN	ESCALA
Color verde normal (verde oscuro, verde bandera, verde claro) no se requiere aplicación de correctores.	Altamente resistente	1
Se empieza a notar en las hojas tiernas, líneas cloróticas. La planta se recupera sola; generalmente no se requiere aplicación de correctores.	Resistente	2
Predomina claramente el color verde normal en las hojas, pero ya es muy evidente la presencia de clorosis por líneas más anchas, bandas o zonas completas, generalmente con una sola aplicación del corrector es suficiente.	Tolerante	3
Predomina claramente la clorosis en las hojas aún se alcanza a notar el color verde de la hoja, se necesitan de 2 a 3 aplicaciones del corrector.	Susceptible	4
La planta se observa completamente albina, generalmente no se recupera.	Altamente susceptible	5

CALIFICACIÓN DE SANIDAD

Esta calificación se evalúa trimestralmente en forma visual y se basa en la presencia de plagas y enfermedades secundarias, la escala se indica en el cuadro 40.

Cuadro 40. Escala para evaluación de sanidad.

CALIFICACIÓN	ESCALA
Nulo	1
Muy poca (presencia)	2
Poco	3
Regular	4
Abundante	5

CARACTERÍSTICAS INDUSTRIALES

La determinación de las características propias de las variedades de caña de azúcar en cuanto a su calidad industrial es importante para contribuir a la calidad de la materia prima industrial y así mejorar la extracción de la sacarosa durante el proceso fabril. Algunos términos relacionados con la composición de la calidad industrial de la caña son:

BRIX

Es la medida de los sólidos solubles en jugo o cualquier otra disolución que contenga azúcar. Se expresa como porcentaje en peso o grados Brix (Bx). En la industria azucarera se le considera como el porcentaje de sólidos disueltos y en suspensión, en las soluciones impuras de azúcar (NMX-F-436-SCFI-2011).

BRIX REFRACTOMÉTRICO

Es el Brix indicado por el instrumento de laboratorio de los ingenios. En campo, esta característica se determina empleando el refractómetro de mano, para lo cual se toma una muestra de jugo del tercio medio de 3 tallos por cepa, se coloca en el refractómetro, se observa y se toma la lectura la cual indica el porcentaje de Brix presente en la variedad.

SACAROSA

Es un disacárido, que está formado por los monosacáridos glucosa y fructosa comúnmente llamado azúcar de caña.

POL

Es el contenido de sacarosa aparente contenida en el jugo de la caña, se expresa en porcentaje de masa (Quemé *et al.*, 2014).

PUREZA

Es el porcentaje de la sacarosa aparente contenida en los sólidos solubles, la cual se determina por la relación pol/Brix multiplicado por 100. Cuando se utiliza el pol se define como pureza aparente, mientras que cuando se utiliza la sacarosa se denomina pureza real.

AZÚCARES REDUCTORES

Son la glucosa y la fructuosa. Estos azúcares aumentan cuando la caña está inmadura o deteriorada. Cuando la caña madura, la sacarosa aumenta y los azúcares reductores disminuyen, por lo tanto, los azúcares reductores son útiles para determinar la maduración de la caña. Se ha observado que cuando se incrementan los azúcares reductores, el pH de los jugos desciende. Los azúcares reductores afectan la calidad del producto en el proceso industrial, ya que, juntamente con los aminoácidos forman productos precursores del color (Quemé *et al.*, 2014).

FIBRA

Es un material lignocelulósico constituido principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, su estructura es fibrosa en forma de filamentos, insoluble en agua contenida en el tallo de la caña, también se le conoce como bagazo de caña.

RENDIMIENTO DE AZÚCAR TEÓRICO POR HECTÁREA

Se obtiene al multiplicar el rendimiento de campo por el porcentaje de sacarosa, dividido entre 100.

COLOR DE JUGO

Bajo ciertas condiciones definidas, el color de una solución de jugo de caña es un índice de absorbancia de luz a 420 nm. Para su medición se puede emplear el método ICUMSA y expresarlo en unidades UI. El color es uno de los parámetros de mayor relevancia que determinan la calidad del azúcar. Los colorantes pueden provenir de dos fuentes: 1) los que se originan en la planta (compuestos fenólicos, polifenoles y flavonoides) y 2) los que se forman durante el proceso fabril (Quemé *et al.*, 2014).

ALMIDÓN

Son gránulos de tamaño pequeño, los cuales no se pueden disolver en el agua que se encuentra presente en los tallos de caña. En Louisiana reportan valores entre 275 y 1500 mg/kg de sólidos, con un promedio de 700 mg/kg.

CURVAS DE MADUREZ

La curva de madurez de la caña se obtiene con muestras conformadas por los tallos que se encuentran en un metro lineal. El Brix, sacarosa, fibra y tipo de madurez, se determina de noviembre a mayo, entre los 9 y 16 meses de edad, mediante muestreos mensuales de tallos para su análisis químico de laboratorio, a través del método de la licuadora o Pol-Ratio; las variedades se clasifican conforme a la escala indicada en el cuadro 41.

Cuadro 41. Escala para la determinación del tipo de madurez.

CONDICIÓN	MADUREZ
El punto de inflexión se presenta en los meses de diciembre o enero.	Temprana
El punto de inflexión se presenta en los meses de febrero o marzo.	Media
El punto de inflexión se presenta en los meses de abril o mayo.	Tardía

MADURACIÓN

Es el proceso gradual de acumulación de sacarosa en el tallo de caña de azúcar (maduración fisiológica). Las variedades de caña de azúcar maduran en forma diferente a pesar de que se desarrollen bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo (Quemé *et al.*, 2014).

JUGOSIDAD

Este parámetro se evalúa entre los 12 y 14 meses de edad y se determina por la cantidad de jugo exudado por el tejido al momento del corte del entrenudo del tercio medio del tallo, con base a la escala indicada en el cuadro 42.

Cuadro 42. Escala para determinar la jugosidad.

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	ESCALA
Exuda gotitas de jugo.	Muy jugosa	1
Se observa mojado el tejido.	Jugosa	2
Se observa apenas húmedo el tejido.	Poco jugosa	3
Se observa seco el tejido.	Reseca	4

DUREZA DE LA CORTEZA

Esta característica se evalúa en el momento que se determinan la médula y la oquedad, utilizando los criterios de la escala indicada en el cuadro 43.

Cuadro 43. Escala para determinar la dureza de la corteza.

CALIFICACIÓN	ESCALA
Blanda	1
Regular	2
Dura	3

CARACTERÍSTICAS DE ADAPTACIÓN

La caña de azúcar se cultiva en diferentes zonas agroecológicas del territorio mexicano, por tal razón, el Programa de Mejoramiento Genético del CIDCA cuenta con Centros Regionales de Variedades de Caña de Azúcar ubicados en zonas representativas para llevar a cabo el proceso de evaluación y selección de variedades, debido a la extensión y diversidad territorial en que se encuentra cultivada la caña de azúcar, es necesario conocer y tipificar las características más importantes como el clima, suelos y de manejo prevalecientes en esas regiones, zonas y localidades particulares que contribuyan de manera directa o indirecta a definir la respuesta de cada variedad a estos factores, lo cual permitirá la adaptación a un ambiente específico y la estabilidad que se refiere a la capacidad genética de mantener un rendimiento alto y estable en un rango amplio de ambientes.

La evaluación y selección de las variedades debe realizarse en la mayor diversidad de ambientes dentro del área de influencia del ingenio, para ubicarlas y manejarlas adecuadamente y expresen su óptimo potencial productivo cuando sean liberadas a cultivo comercial.

Las variables edafoclimáticas y de manejo más importantes son: altitud (msnm); temperatura máxima, mínima, promedio y diferencial anual (°C); precipitación expresada como promedio mensual y total anual (mm); brillo solar mensual y anual (horas sol); humedad ambiental mensual, anual y promedio (%); intensidad del viento km/h; tipo de suelos y la presencia de plagas y enfermedades. También es importante considerar dentro de estas variables la reacción de las variedades a las buenas prácticas de cultivo, fertilizantes, tipos de suelo, riegos adecuados y prácticas de cosecha, entre otras (Chaves M. 2019).

La caracterización de la adaptación de las variedades debe tener como base información completa y consistente, derivada de un proceso estadístico de la información, durante las diferentes fases de evaluación y selección, así como la experiencia del fitomejorador.

ALTITUD

Esta variable se refiere a la medición de la distancia vertical entre cualquier punto determinado de la Tierra en relación con el nivel del mar, e influye directamente en la temperatura y la presión atmosférica, y consecuentemente en el clima (Fuente: <https://concepto.de/altitud/#ixzz81Pdx1hQ>). Es importante determinar el intervalo de altitud en el que mejor se desarrolla la variedad y preferentemente deben seleccionarse variedades que se adapten a rangos de altitud amplios.

PRECIPITACIÓN Y SEQUÍA

La caña de azúcar en México se cultiva principalmente en zonas de temporal y en algunas regiones del país donde las precipitaciones son tan escasas que solo se pueden cultivar bajo condiciones de riego, además, se aprecian diferencias importantes aún en una misma región, lo que ratifica las grandes variaciones observadas entre localidades muy cercanas. El problema observado en esta variable radica también en la distribución anual de las lluvias, ya que estas no están disponibles en cantidad suficiente en los momentos que biológicamente el cultivo la requiere o caso contrario, se presenta en cantidades excesivas que provocan estrés hídrico (hipoxia) en las plantaciones con graves pérdidas productivas y económicas, por lo anterior es importante determinar para cada variedad el requerimiento mínimo de humedad para mantener los rendimientos por arriba del límite económicamente rentable.

En los últimos años la incidencia del fenómeno de “El Niño” y “La Niña” han generado serios y severos trastornos climáticos, así como alteraciones significativas en las cantidades y distribución de la precipitación en la mayoría del territorio nacional, fenómenos que pueden ser cada vez más próximos y recurrentes.

En regiones de temporal limitado, o con posibilidades de unos cuantos riegos, se deberá poner especial énfasis en seleccionar variedades que sean tolerantes a sequía, la caña de azúcar requiere arriba de 1,500 mm de precipitación anual, por tanto, las variedades serán

tolerantes a sequía, en la medida que prosperen en precipitaciones menores a éstas o su equivalente en riegos (Chaves M. 2019).

VIENTOS

Los vientos que se presentan en algunas regiones donde se cultiva la caña de azúcar provoca daños de volcamiento y desecación, esto limita la ejecución oportuna de prácticas agrícolas básicas. La evaluación y selección de variedades en las regiones con esta característica debe considerar como un aspecto prioritario, obtener variedades de excelente tenacidad y alta resistencia al acame.

HELADAS

La helada es la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua, 0 °C, la relación entre la intensidad y el tiempo de duración de la helada son decisivos para el grado de daño al cultivo, sin embargo, también intervienen otros factores como la resistencia de la variedad, la edad del cultivo, el estado sanitario, la nutrición, entre otros.

Este fenómeno meteorológico tiene un impacto negativo sobre la caña de azúcar, provocando en el jugo una disminución en el contenido de sacarosa y un incremento de glucosa y fructuosa, de acidez y de sustancias no deseables que afectan la recuperación del azúcar en la fábrica, por lo que es importante caracterizar el comportamiento de las variedades, luego de la presencia de heladas. Existen evidencias en otros países que han demostrado qué hay efecto de la variedad en diferentes compuestos derivados del deterioro por frío, lo cual implica que la calidad industrial del jugo posterior a una helada, depende en gran parte del genotipo, es por esto que para algunos programas de mejoramiento genético del mundo, es importante contar con la caracterización de variedades con respecto a su tolerancia frente al frío, por consiguiente, las variedades que se cultivan en una zona donde se presentan heladas deben presentar tolerancia (Santiago *et al.* 2015).

SUELOS

La variabilidad de los tipos de suelo que existen en el país donde se cultiva caña de azúcar es muy amplia, lo que trasciende y se manifiesta en las diferentes características fisicoquímicas y microbiológicas de los suelos y por consiguiente, en los potenciales de productividad agroindustrial (Chaves M. 2019).

La obtención de variedades debe considerar la adaptación a diferentes tipos de suelos particularmente en las zonas de abasto de los ingenios, definidos por las características limitantes como: textura, salinidad, drenaje, profundidad, materia orgánica, pedregosidad, topografía entre otras.

REACCIONES A LAS PRÁCTICAS DE COSECHA

Los parámetros de evaluación que deben considerarse para que una variedad sea apta para cosecha mecánica o manual son: hábito de crecimiento, tenacidad, uniformidad de desarrollo, resistencia al acame, despaje y dureza de la corteza; estas características deben

relacionarse y ponderarse para especificar si la variedad sirve para cosecharse mecánicamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Ángel J. Cadavid M. y Victoria J. I. 2010. Presencia de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en el valle del río Cauca, Colombia. Cali (Colombia). Carta Trimestral. 32, 3-4 (julio-diciembre): p. 24-29.
- Chaves. S M. A. 2019. Entornos y condiciones edafoclimáticas potenciales para la producción de caña de azúcar orgánica en Costa Rica. Seminario Internacional de Técnicas y Normativas para Producción, Elaboración, Certificación y Comercialización de Azúcar Orgánico. Carrillo, Guanacaste, Costa Rica. 114 p.
- Henry, R. J., and C. Kole. 2010. Genetics, Genomics and Breeding of Sugarcane. Ed. CRC Press. Boca Ratón, Florida. pp: 9-43.
- <https://concepto.de/altitud/#ixzz81Pdx1hQ>
- https://siebringmfg.com/soil_pasteurization/
- Huang, Y. K., W. F. Li, R. Y. Zhang, and X. Y. Wang. 2018. Color Illustration of Diagnosis and Control for Modern Sugarcane Diseases, Pests, and Weeds. Ed. Springer. Singapore. pp: 1-98.
- James, G. 2003. Introduction to sugarcane. In: James, G. Sugarcane. Oxford: WileyBlackwell. p. 1-19.
- López-Vázquez, J.J., Valdez-Balero, A., Silva-Rojas, H.V.; Flores-Revilla, C. y Rangel-Ortega, C. A. 2016. Evaluación a la escaldadura (*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson) de la hoja de variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Agroproductividad: 9 (3), México. pp: 48-53
- Marques, M.O.; Marques, T.A.; Tasso Júnior, L.C. 2001. Tecnologia do açúcar. Produção e industrialização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Funep. p. 166.
- Martínez, A. J. 2012. Guía metodológica para la selección de variedades de caña de azúcar. Fideicomiso Ingenio de Atencingo - Superintendencia de Campo. 29 p.
- Moore, P. H., and F. C. Botha 2013. Sugarcane: Physiology, Biochemistry and Functional Biology. Ed. John Wiley & Sons. Iowa, EUA. 683 p.
- Mozambani, A.E.; Pintos, A.S.; Segato, S.V. e Mattiuz, C.F.M. 2006. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: Segato, S.V.; Pinto, A.S.; Jendiroba, E.; Nóbrega, J.C.M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: [s.n.], p. 11-18.
- NORMA (NMX-F-436-SCFI-2011) Industria Azucarera y Alcoholera – determinación de grados Brix en jugos de especies vegetales productoras de azúcar y materiales azucarados.
- Ovalle Sáenz, W. 1997. Manual para identificación de enfermedades de la caña de azúcar. CENGICAÑA. Guatemala. 83 p.
- Pawan K. Amrate, Choudhary AK, Chatterjee A and Bajoriya DK. 2019. Resistance in sugarcane genotypes against yellow leaf disease. Plant Disease Research: 34 (1), India. pp: 61-64
- Quemé, J. L., Orozco, H., Castro, O., Salazar, A., De Cano, W y Paz, V. 2014. Evaluación de la calidad industrial de variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) como

- parte de la calidad de la materia prima industrial. Memoria. Presentación de Resultados de Investigación 2013-2014 CENGICAÑA, Guatemala pp: 116-124.
- Quemé, J. L., Salazar, A., y Orozco, H. 2012. Implementación de la selección familiar en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en el Programa de Variedades de CENGICAÑA. Memoria. Presentación de resultados de investigación Zafra, 13, 108-115.
- Quemé, J. L., Salazar, A., Orozco, H. y Sáenz, W. 1997. Manual para identificación de enfermedades de la caña de azúcar. CENGICAÑA. Guatemala. 83 p.
- Salazar Villareal, F. A. (noviembre, 2021). Selección y desarrollo de variedades resilientes. Ponencia presentada en CIDCA Estación de Hibridación, Tuxtla Chico, Chiapas, México.
- Santiago Ostengo, B. Silvia Zossi, Diego D. Costilla, Soledad Medina, María B. García, Natalia Sorol, L. Marcelo Ruiz y María I. Cuenya. 2015. Evaluación de la tolerancia al frío de la variedad de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) TUC 00-19. Revista industrial y agrícola de Tucumán. 92 (2). Argentina.
- Silva C., E., F. Castillo G., J. D. Molina G., I. Benítez R., A. Santacruz V., y R. Castillo T. 2011. Selección de progenitores, varianzas genéticas y heredabilidad para acumulación temprana de sacarosa en caña de azúcar. Revista Fitotecnia Mexicana 34(2): 107-114.
- Stringer, J. K., M. C. Cox, F. C. Atkin, X. Wei, and D. M. Hogarth 2011. Family selection improves the efficiency and effectiveness of selecting original seedlings and parents. Sugar Technology 13(1): 36-41. DOI: 10.1007/s12355-011-0073-5
- Victoria, J. I.; Moreno, C. y Cassalett, C. 1989. Genotype- environment interaction and its effect on sugarcane rust incidente. p. 723-731. En: Congress International Society of Sugarcane Technologist, 20. Proceedings. Sao Paulo. Brasil. 12-21 october, 1989. ISSCT, Sao Paulo, Brasil.



**LA INVESTIGACIÓN NOS UNE Y LA
AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR LA RESPALDA**



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR, A.C.