

Caracterización de variables agronómicas e industriales de 191 genotipos de caña de azúcar del Banco de Germoplasma del INIAF – CENACA con fines de mejoramiento genético, Municipio Fernández Alonso, Santa Cruz

Characterization of agronomic and industrial variables of 191 sugarcane genotypes from the germplasm bank of INIAF - CENACA for the purpose of genetic improvement, Fernández Alonso Municipality, Santa Cruz

Yber Gonzales^{1*} y Hans Mercado²

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF),

²Centro Nacional de la Caña de Azúcar

C/ Bolívar entre Audifaz Parada y Jorge Velarde, Montero, Santa Cruz, Bolivia

*Autor para correspondencia: ybergonzales@hotmail.com

Recibido: 30 septiembre 2017; Publicado: 30 junio 2018

Resumen

La investigación fue desarrollada en el municipio Fernández Alonso del departamento de Santa Cruz, con el objetivo de identificar progenitores con las mejores características agronómicas, industriales y sanitarias, utilizando 191 genotipos de caña de azúcar del Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - Centro Nacional de la Caña de Azúcar (INIAF-CENACA), como base para desarrollar nuevas variedades. Las variables evaluadas para el efecto fueron (población, altura de planta, diámetro de tallo, peso de 10 tallos, porte de la cepa, rendimiento, inicio de floración, % de floración y % de sacarosa). La selección de progenitores se concentró en utilizar las variables de rendimiento y porcentaje de sacarosa. Con la primera variable, se logró seleccionar 42 genotipos progenitores, con niveles de rendimiento de 149.8 t ha⁻¹ a 239.4 t ha⁻¹, entretanto, con la segunda variable, se seleccionaron 25 genotipos, cuya concentración de niveles de sacarosa fueron de 12.04% a 14,5%, consideradas como las más altas en relación a las demás, tanto en rendimiento y % sacarosa.

Palabras Clave: Porcentaje de sacarosa, progenitores.

Abstract

The research was developed in the Fernandez Alonso municipality of the department of Santa Cruz, with the objective of identifying progenitors with better characteristics agronomic, industrial and sanitary, using 191 genotypes of sugarcane from the Germplasm Bank of the National Institute of Agricultural and Forestry Innovation - National Center of Sugar Cane (INIAF-CENACA), as a base to develop new varieties. The variables evaluated for the effect were (population, plant height, stem diameter, weight of 10 stems, size of the strain, yield, start of flowering, % flowering and % sucrose). The selection of progenitors concentrated on using the yield variables and percentage of sucrose, with the first variable, it was possible to select 42 progenitor genotypes, with performance levels of 149.8 t ha⁻¹ to 239.4 t ha⁻¹, betweenwhiles, with the second variable, 25 genotypes were selected, whose concentration of sucrose levels were from 12.04% to 14.5%, considered as the highest in relation to the others, both in yield and % sucrose.

Key board: Percentage of sucrose, progenitors.

Introducción

En Bolivia, la superficie sembrada con caña de azúcar en la campaña 2015–2016 fue de 131 mil hectáreas (Achu, 2016), con un rendimiento promedio de 49.39 t ha⁻¹. Las zonas de cultivo de mayor importancia se hallan en los Departamentos de Santa Cruz, Tarija y La Paz, que concentran prácticamente la totalidad de la producción nacional que es destinada a la agroindustria. En Santa Cruz, la caña de azúcar es uno de los rubros más importantes, produce el 90% del azúcar a nivel nacional.

El área de producción de caña de azúcar en el Departamento de Santa Cruz, se ubica en municipios de las Provincias Andrés Ibáñez, Warnes y Obispo Santisteban, en Tarija en los municipios de Bermejo y Padcaya y en La Paz en el Municipio de San Buenaventura (AEMP, 2015). Asimismo, existen en el país ocho ingenios, seis de las cuales se encuentran en Santa Cruz, uno en Tarija y uno en el departamento de La Paz.

La producción de caña de azúcar en Bolivia, trae consigo, un problema a resolver, el insuficiente desarrollo de nuevas variedades adaptadas a condiciones agroambientales del contexto, en respuesta al cual, a partir del año 2012 se colectó genotipos de origen nacional e importados para implementar un Banco de Germoplasma, a la fecha, se cuenta con 191 genotipos sembrados en predios del Centro Nacional de la Caña de Azúcar (CENACA), ubicados en el municipio de Fernández Alonso del Departamento de Santa Cruz, donde se evalúa de manera permanente, características

agronómicas, industriales y sanitarias. La información generada de este estudio, permitirá contribuir a establecer una colección de variedades con genotipos mejor destacados, lo que permitirá a mediano plazo, encarar actividades de cruzamientos para generar nuevas variedades locales, facilitando al productor de caña de azúcar, contar con una gama de variedades adaptadas a cada contexto regional de Bolivia. Las colecciones sirven como fuentes de variabilidad genética, cuya explotación y utilización permiten obtener variedades nuevas, más productivas, de alto contenido de azúcar, adecuadas características agronómicas y con resistencia a las principales plagas y enfermedades.

Materiales y métodos

Localización

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el municipio de Fernández Alonso en predios del CENACA, ubicado a 92 kilómetros al norte de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, a una altura de 230 m.s.n.m., geográficamente ubicada a 16° 59' 40" latitud Sur y 63° 13.' 15" longitud Oeste, con precipitación media anual de 1556 mm y una temperatura media anual de 24°C.

Calidad de suelo

Para determinar la calidad de suelo de la parcela experimental, se efectuaron muestreos de suelo a 20 cm de profundidad, para conocer su composición físico-química, cuyos resultados se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico de suelos, del área experimental, abril de 2016

Parámetros	Símbolo	Unidades	Valores	Interpretación
pH	pH		6,32	Acido
Conductividad Eléctrica	CE	umho cm ⁻¹	17,83	No salino
Arcilla	Y	%	14,25	
Limo	L	%	4,293	
Arena	A	%	81,457	
Textura			Franco Arenoso	
Materia Orgánica	MO	%	1,067	Muy bajo
Nitrógeno total	Nt	g kg ⁻¹	0,81	Bajo
Nitrógeno disponible	Nd	mg kg ⁻¹	18,86	Bajo
Fósforo	P	mg kg ⁻¹	2,28	Muy bajo
Potasio	K	cmolc kg ⁻¹	0,1	Muy bajo
Calcio	C	cmolc kg ⁻¹	2,46	Bajo
Magnesio	Mg	cmolc kg ⁻¹	0,17	Muy bajo
Sodio	Na	cmolc kg ⁻¹	0,16	Muy bajo

Fuente: Fundación CETABOL (2008).

De acuerdo al análisis físico-químico de suelo (Tabla 1), en base a los parámetros de interpretación de suelos de Sola (2006), se puede evidenciar que, los ensayos de variedades de caña de azúcar fueron establecidos en suelos de textura liviana con predominio de arena en su composición mineralógica, se observa un pH de 6.32 ligeramente ácida, sin problemas de salinidad, con niveles muy bajos de Magnesio, Potasio, Fosforo, Sodio, Materia Orgánica y niveles bajos de Nitrógeno total, Nitrógeno disponible y Calcio.

Material genético

Los genotipos colectados para la implementación del Banco de Germoplasma son 191 accesiones,

catalogados conforme al país de origen: Argentina (NA, FAM, RA y TUC), Brasil (SP, RB, IAC y CB), Bolivia (UCG, CITTCA, RBB, CIMCA y BTB), Estados Unidos (CP y LCP), México (MEX), entre otros de origen desconocido, los que se describen en la Tabla 2.

Cada genotipo se estableció en una superficie de 15 m² (2 surcos de 5 metros de longitud, con 6 caña por línea y, una distancia entre surco de 1.5 m) distribuidos al azar. La siembra de las variedades se realizó el 18 de mayo de 2016, a una profundidad de 20 cm. Posteriormente se realizó el troceado cada tres entrenudos, se colocó una capa de suelo con rastra liviana y posterior compactación del suelo para un buen contacto de la semilla con el suelo.

Tabla 2. Acciones o genotipos de caña de azúcar existentes en el Banco de Germoplasma, municipio de Fernández Alonso, departamento de Santa Cruz.

N°	Genotipo	N°	Genotipo	N°	Genotipo	N°	Genotipo
1	FAM 16-28	49	IRBP 705	97	IRBP 617	145	RB 82-5548
2	RBB 77-26	50	LCP 85-384	98	IRBP 622	146	NA 85-1287
3	CITTCA 85-22	51	IRBP 95-04	99	IRBP 608	147	CB 38-22
4	CP 75-361	52	RB 72-454	100	RB 86-7515	148	NA 82-27
5	G 93	53	FAM 35-64	101	SP 83-284	149	IAC 68-16
6	FAM 152	54	BTB 89-386	102	SP 52-43	150	CP 72-370
7	RA 87-30	55	IRBP 618	103	B-1	151	VSP 10
8	UCG 96-10	56	IRBP 615	104	SN 11-01	152	SP 87-552
9	UCG 77-53	57	IRBP 616	105	IRBP 620	153	B 4
10	FAM 501	58	RB 85-5036	106	RB 85-5463	154	TUC 817
11	UCG 90-20	59	RB 84-5113	107	RB 85-521	155	CIMCA 77-316
12	NA 89-1090	60	RB 88-5003	108	RBB 88-2007	156	SP 80-1842
13	NA 56-26	61	MEX 57-473	109	RB 83-160	157	VAR 1
14	NA 97-003	62	SP 88-667	110	IRBP 614	158	SP 89-1115
15	NA 2	63	C-2	111	CITTCA 82-22	159	VAR 09-5536
16	NA 78639	64	IAC 83-4157	112	RB 83-102	160	SN 05
17	RB 85-5002	65	A	113	RB 80-6044	161	RB 83-5032
18	NA 85-1602	66	RB 84-5210	114	RB 83-5035	162	VAR 07
19	FAM 81-77	67	RB 88-5546	115	IRBP 619	163	RBN 44
20	FAM 12-11	68	IRBP-609	116	IRBP 605	164	RBN 50
21	BARBADO	69	A-2	117	IRBP 702	165	SPN 66
22	TACUARILLA	70	RB 85-208	118	VSP 01	166	RBN 55
23	FAM 577	71	RB 45-210	119	NA 84-4195	167	RBN 29
24	FAM 91-209	72	VAR 06	120	RB 78-5148	168	RBN 49
25	RB-2	73	FAM 86-39	121	RB 83-594	169	RBN 57
26	FAM 28	74	RB 85-5363	122	NA 85-151	170	NA 84-2466
27	RA 83-15	75	FAM 86-240	123	MZC 72-275	171	RB 85-5546
28	CP 48-103	76	MZC 82-11	124	RB 87-6025	172	RB 85-5350
29	TUC 77-42	77	RB 85-5548	125	VSP 04	173	Q 136
30	FAM 601	78	FAM 85-208	126	RB 83-5205	174	IRBP 709
31	SP 70-1284	79	SP 70-3370	127	PRECO 54-86	175	RB 88-56
32	SP 81-3250	80	RB 80-6043	128	VAR 08-85502	176	RB 85-3371
33	SP 70-1143	81	B-3	129	SP 91-1049	177	CP 83-3384
34	JAVA AMARILLA	82	A-3	130	VAR 04	178	SP 70-9284
35	NN 2	83	FAM 87-30	131	SN 4	179	RB 85-5512

36	CAMPO BRA-SIL	84	RB 85-536	132	SP 83-3877	180	CR 74-250
37	RB 84-95	85	RB 83-5089	133	VSP 11	181	SP 91-1631
38	IRBP 621	86	FAM 87-169	134	RB 85-5563	182	SP 91-3011
39	VSP 04	87	SP 71-694	135	SN-3	183	UCG 97-76
40	CITTCA 02-14	88	85-16022	136	SP 80-3280	184	SP 79-1011
41	A-7	89	IAC 82-2915	137	TUC 834	185	UCG 981
42	NA 85-04	90	SN	138	SN-2	186	SP 83-2847
43	CITTCA 002	91	TUC 77-92	139	RB 85-5513	187	IAN 00
44	SP 82-1282	92	FAM 87-36	140	NA 84-3370	188	IAN 95
45	A-1	93	FAM 81-220	141	RBB 85-5350	189	RBN 52
46	RB 83-594	94	RB 87-1548	142	IRBP 703	190	RBN 05
47	RB 85-1287	95	RB 84-2001	143	SP 81-1776	191	RBN 62
48	NA 83-2008	96	RB 87-6020	144	IRBP 708		

El control de malezas se realizó de forma química con Mayoral (Imazapic + Imazapyr), en pre-emergencia y 2,4 D (2,4 D Sal amina) + Ametrex + Arsonex 72 (M.S.M.A), en pos-emergencia. Mientras que el control de insectos durante los primeros estadios fue realizado con Fipron 80 WG (Fipronil).

Características o descriptores agronómicos

La evaluación agronómica es una actividad a través de la cual se valoran las características cuantitativas de las accesiones que conforman una colección de trabajo, con el fin de iniciar un programa de mejoramiento genético (Pardey et al., 2009).

El registro de población fue mediante conteos en la línea de los surcos, se realizó dos mediciones en surcos centrales de cada unidad experimental a lo largo de 3 metros, en la misma área, se evaluó el diámetro de tallos, cinco tallos de cada punto de evaluación en la parte central o media del tallo, para registrar la altura de planta y el peso, se utilizó 10 tallos de los surcos de cada punto de cada genotipo.

El cálculo de rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de cada genotipo, fue determinado con datos del peso de 10 cañas y la población de tallos de la unidad

experimental siguiendo el siguiente criterio (Ecuaciones 1, 2, 3):

$$P_{100} = \frac{P}{3\ m} * 100\ m \quad (1)$$

$$W_{100} = P_{100} * \frac{W_{10}}{10\ tallos} \quad (2)$$

$$R = W_{100} * \frac{66.66\ surcos\ en\ 100\ m}{1000} \quad (3)$$

Donde: *UE* es la unidad Experimental de 1 surco por 3 m lineales, P_{100} es la población en 100 m, W_{100} el peso de tallos en 100 m (kg), W_{10} el peso de 10 tallos (kg), R el rendimiento ($t\ ha^{-1}$).

Wang et al. (2008) coincide con la técnica de determinación del rendimiento de la caña a partir del producto del número de tallos y el peso del tallo.

El porte de la cepa o hábito de crecimiento, fue determinado de forma visual a los 11 y 13 meses de edad (pre cosecha), considerando la dirección que adquieren los tallos a la madurez, las cuales son: Erectos, cuando crecen verticalmente; semi erectos, cuando los tallos se encuentran en 45° de inclinación y postrados, cuando tocan el suelo y su parte terminal vuelve a levantarse.

El registro del inicio e intensidad de floración en los distintos genotipos, se realizaron durante seis fechas consecutivas, el 10, 19 y 30 de mayo, el 8 y 30 de junio y el 19 de julio de 2016, anotando como inicio de floración aquellos genotipos con uno y dos tallos con flor, entretanto, la determinación de intensidad de floración se tomó en cuenta el número de tallos en plena floración del total muestreado.

La evaluación de enfermedades, fueron realizadas durante todo el ciclo fenológico del cultivo, ya a los 4 y 6 meses se evaluó la incidencia de carbón (*Ustilago scitaminea*) y Virus del Mosaico (*Sugarcane mosaic virus*), entre los 8 y 12 meses, se evaluó Roya Marrón (*Puccinia melanocephala*) y Mancha Anillada (*Leptosphaeria sacchari*). La Roya Marrón fue determinado mediante escala estandarizada por Esquivel (1980), Carbón y Virus del Mosaico mediante escala propuesta por Ordosgoitti et al., (1982) y Mancha Anillada por Chavarría (2006).

Para determinar la cantidad de entrenudos dañados por *Diatraea saccharalis* (barrenador) se utilizó la metodología descrita por Vargas y Gómez (2005), la misma que se evaluó antes de la cosecha, en dos muestras aleatorias por unidad experimental, cada muestra constituida de 10 tallos, cada tallo posteriormente fue cortado de forma perpendicular observando los daños del barrenador en cada uno de los entrenudos; luego se hizo un recuento de tallos y entrenudos dañados.

Características industriales

Para la determinación del porcentaje de sacarosa se extrajo 10 tallos al azar por unidad experimental (genotipo), las cuales fueron cortadas, despuntadas, pesadas y procesadas (sin estacionamiento), en laboratorio del ingenio de la Unión Agroindustrial de Cañeros S. A. (UNAGRO). Proceso que incluye el picado de la muestra en un desfibrador, luego la muestra es llevada a una prensa en el cual se extrae el jugo de la muestra (aproximadamente 0.5 kg), luego en laboratorio a través de reactivos y equipos se obtiene los valores de sacarosa.

Selección de progenitores con fines de mejoramiento por contenido de sacarosa y toneladas de caña por hectárea.

Los criterios usados para estratificar progenitores que se muestra en la Tabla 3, el porcentaje de sacarosa, fue evaluada en base a la siguiente escala categórica, para la unidad de control (testigo) se asignó el 100%, para progenitores con cifras mayores e iguales a 120% se identificó por “P₁” y para progenitores que van entre 100 y 119% se identificó por “P₂” y, para progenitores que se encuentran en el rango de 90 y 99% por “P₃”, asimismo, para evaluar el descriptor toneladas de caña por hectárea (t.ha⁻¹), los criterios fueron los mismos, identificando a los progenitores como “T₁”, “T₂” y “T₃”.

Tabla 3. Rango de valores en relación al testigo para el porcentaje de sacarosa y rendimiento (t ha⁻¹)

Valor en relación al testigo (100%)	Identificación de rendimiento	
	% sacarosa	t ha ⁻¹
Mayor e igual a 120%	P ₁	T ₁
Entre 100 -119%	P ₂	T ₂
Entre 90 - 99%	P ₃	T ₃

Quemé et al. (2001), señala que estas dos variables determinan el Rendimiento de Azúcar por Hectárea (TAH), por lo tanto, es importante considerar para la selección de los progenitores.

Resultados y discusión

Características o descriptores agronómicos e industriales

La estratificación de las características o descriptores agronómicos de la caña de azúcar, evaluadas en la presente investigación (población, altura, diámetro, peso de 10 tallos, porte de la cepa, rendimiento, inicio de floración y % de floración) y el descriptor industrial del % de sacarosa, se detalla en la Tabla 4.

Características agronómicas

Las variables evaluadas (población, altura, diámetro, peso de 10 tallos, porte de la cepa, inicio de floración, % de floración, rendimiento y % de sacarosa) de los genotipos que se muestran en la Tabla 4, son estratificadas a diferentes intervalos, que obedecen a criterios del contexto local, localizando una cantidad determinada de genotipos dentro cada intervalos, una descripción detallada de cada variable, resulta oneroso, a veces desnecesaria, sin embargo, a modo de ejemplo se describe la variable rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$), donde señala que, del total de genotipos solo 4 obtuvieron rendimientos superiores a $200\ t\ ha^{-1}$, seguido de 37 genotipos con rendimientos entre 150 y $200\ t\ ha^{-1}$, el mayor número de genotipos 99 tuvieron rendimientos entre $100-150\ t\ ha^{-1}$ valor que representa el 52%. Asimismo, rendimientos entre 50 y $100\ t\ ha^{-1}$ se obtuvo en 44 genotipos, finalmente 7 genotipos con valores de rendimientos inferiores a $50\ t\ ha^{-1}$.

Tabla 4. Carácter agronómico e industrial de 191 accesiones del Banco de Germoplasma y el número de accesiones obtenidos en relación a valores de referencia, municipio de Fernández Alonso, departamento de Santa Cruz.

Carácter	Valor de referencia	Nº de genotipos
Población	Mayor a 16 plantas	23
	Menor a 10 plantas	23
Altura (m)	Mayor a 3	3
	2 - 3	166
	Menor a 2	22
Diámetro (mm)	Mayor a 30	14
	25 - 30	150
	Menor a 20	5
Peso de 10 tallos (kg)	Mayor a 20	10
	15 - 20	72
	Menor a 10	17
Porte de la cepa	Erecto	58
	Semi-erecto	24
	semi-postrado	109
inicio de floración	10-may	6
	19-may	9
	30-may	27
	08-jun	13
	19-jul	13
% de floración	Mayor a 80	39
	40 -80	8
	20 -40	9
	Menor a 20	135
Rendimiento ($t\ ha^{-1}$)	Mayor a 200	4
	150 – 200	37
	100 – 150	99
	50-100	44
	Menor a 50	7
% de sacarosa	Mayor a 13	5
	12 -13	23
	10 - 12	123
	Menor a 10	40

Estos valores se encuentran en los parámetros citados por Waclawovsky et al. (2010) quienes lograron rendimientos promedios de caña de azúcar en Australia, Colombia y Sudáfrica, de 84 t ha⁻¹ año⁻¹ como comercial medio, 148 t ha⁻¹ año⁻¹ de comercial máximo, 212 t ha⁻¹ año⁻¹ máximo experimental y 384 t ha⁻¹ año⁻¹ máxima teórica.

El mejoramiento genético de la caña de azúcar se desarrolla a través de la hibridación, por lo que es de mucha importancia conocer la aparición de la floración de cada uno de los individuos representados, lo cual varía de año en año (Carabaloso et al., 2012), los resultados de floración que se muestra en la Tabla 4, señalan el inicio de floración de los genotipos del Banco de Germoplasma, se dan durante los meses de mayo a julio, el mes de mayo se obtuvo el mayor número de genotipos con la iniciación floral respecto a los meses de junio y julio. La cantidad de variedades que florecen (incidencia) y el número de inflorescencias disponibles (intensidad), determinan en alto grado el éxito que pueda, o no, tener un programa de mejoramiento, expresado en la cantidad de cruzamientos y selecciones que se realicen por periodo y, por lo tanto, en la optimización que se le provea al germoplasma disponible (Chaves, 2017).

Características industriales

La maduración natural de la caña de azúcar, se inicia cuando se disminuye la tasa de crecimiento del tallo, hay menor humedad en el suelo y bajas temperaturas. En la etapa de maduración la planta de

caña disminuye su ritmo de crecimiento y comienza a acumular sacarosa en el tallo. En general, el proceso de maduración es gradual hasta llegar a un punto máximo, después del cual el contenido de sacarosa en los tallos de caña declina (Melgar et al., 2012).

Los valores obtenidos de sacarosa del jugo de la caña expresada en porcentaje, señala que 5 genotipos que representan el 3% del total tuvieron un nivel de sacarosa mayor al 13%, seguido de 23 genotipos cuyo nivel estuvo entre 12 y 13%, la mayor cantidad de genotipos 123 que representan el 64% concentraron el nivel de sacarosa entre 10 y 12%, seguido de 40 genotipos que concentraron el nivel de sacarosa menor al 10%, es decir 21% del total. Al respecto Silva et al. (2011), en un estudio del Banco de Germoplasma del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE), observaron diferencias importantes entre accesiones para contenido de sacarosa, señalando también que la selección de progenitores con altos contenidos de azúcar debe ser la base para la generación de progenies con esa característica.

Características sanitarias

El cultivo de la caña de azúcar, es afectado por las condiciones de clima, suelos y los factores biológicos. Entre estos últimos se encuentran las enfermedades patológicas que, en algunos casos, limitan el desarrollo del cultivo, ocasionando pérdidas económicas (Victoria et al., 1995).

Tabla 5. Tipo de enfermedades y daños por *Diatraea saccharalis* en 191 genotipos del Banco de Germoplasma y el número de variedades obtenidos en relación a valores de referencia, municipio de Fernández Alonso, departamento de Santa Cruz.

Carácter	Valor de referencia	Nº de variedades
Enfermedades	Roya Marrón	22
	Mosaico	14
	Carbón Látigo	0
	Mancha anillada	155
Entrenudos dañados/ <i>Diatraea saccharalis</i>	> 10	6
	6 -10	43
	2 - 6	124
	< 2	18

Entre las enfermedades presentes en los genotipos del Banco de Germoplasma que se muestran en la Tabla 5, se puede señalar que la mayor enfermedad presente fue Mancha Anillada (*Leptosphaeria sacchari*), encontrada en 155 genotipos lo que representa un 81% del total de materiales, Roya Marrón (*Puccinia melanocephala*) fue la segunda enfermedad en importancia afectando a 22 genotipos lo que representa un 12% del total y finalmente Mosaico (*Sugarcane Mosaic virus*) afectando a 14 genotipos lo que representa un 7%. Estas últimas enfermedades que también fueron reportadas por Terán (2016), concluyendo que la mejor solución para el control de estas enfermedades son las variedades resistentes. Asimismo, Fiallos (2010) señala que los resultados permitirán disponer de una base de datos con información fitosanitaria, que servirá de herramienta para la selección de parentales, en los programas de mejoramiento.

La plaga de la *Diatraea saccharalis*, en el ensayo se reporta la presencia en 10 entrenudos fue registrada en 6 genotipos que representa el 3% del total, entre 6 y 10 entrenudos dañados fue

encontrado en 43 genotipos que representa un 23%, entre 2-6 entrenudos se registró en 124 genotipos que representa un 65% del total, daños menores a 2 entrenudos fue encontrado en solo 18 genotipos (Tabla 5). El daño es ocasionado por las larvas que se introducen en los tallos, causando la muerte de un gran número de brotes, en condiciones favorables (Dinardo-Miranda et al., 2012). Para la supresión de larvas de *Diatraea saccharalis*. Puede ser posible aumentar los niveles de población de hormigas en áreas de infestación intensa para aumentar la depredación de larvas de *Diatraea saccharalis* (Rossi y Fowler, 2000).

Selección de progenitores del Banco de Germoplasma para iniciar cruzamiento

Todos los materiales del Banco de Germoplasma, fueron comparados con los testigos o unidades de control sobresalientes, para el contenido de sacarosa el comparador fue la variedad UCG 90-20, para el rendimiento la variedad RBB 77-26, como se observa en la Tabla 6 y 7.

Tabla 6. Progenitores del Banco de Germoplasma, seleccionados por el % de sacarosa en relación al testigo UCG 90-20, municipio de Fernández Alonso, departamento de Santa Cruz

Nº	Variedad	% Sacarosa	Valor en relación al testigo (%)	Identificación
1	TUC 817	14.50	120	P ₁
2	FAM 16-28	12.79	106	P ₂
3	FAM 501	13.14	109	P ₂
4	NA 83-2008	12.88	107	P ₂
5	LCP 85-384	12.26	101	P ₂
6	IRBP 95-04	12.08	100	P ₂
7	A-2	13.06	108	P ₂
8	RB 85-208	12.37	102	P ₂
9	85-16022	12.95	107	P ₂
10	RB 83-5035	12.13	100	P ₂
11	IRBP 605	12.04	100	P ₂
12	RB 83-594	12.66	105	P ₂
13	NA 85-151	12.24	101	P ₂
14	SP 80-3280	12.20	101	P ₂
15	RB 85-5513	12.08	100	P ₂
16	RBB 85-5350	12.95	107	P ₂
17	CIMCA 77-316	12.36	102	P ₂
18	SP 80-1842	13.04	108	P ₂
19	VAR 09-5536	13.34	110	P ₂
20	RBN 29	12.23	101	P ₂
21	RBN 49	12.38	102	P ₂
22	SP 70-9284	12.32	102	P ₂
23	RB 85-5512	12.28	102	P ₂
24	UCG 97-76	12.33	102	P ₂
25	RBN 52	12.43	103	P ₂

Tabla 7. Progenitores del Banco de Germoplasma, seleccionados por su rendimiento (t ha⁻¹) en relación al testigo RBB 77-26, municipio de Fernández Alonso, departamento de Santa Cruz

Nº	Variedad	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Valor en relación al testigo (%)	Identificación
1	UCG 96-10	214.13	172	T ₁
2	BARBADO	178.00	143	T ₁
3	RB-2	190.74	153	T ₁
4	FAM 28	162.43	130	T ₁
5	SP 81-3250	172.20	138	T ₁

6	CITTCA 002	156.28	125	T ₁
7	RB 72-454	173.13	139	T ₁
8	IRBP 618	150.47	121	T ₁
9	IRBP 616	168.85	135	T ₁
10	IRBP-609	167.83	134	T ₁
11	MZC 82-11	159.60	128	T ₁
12	RB 85-5548	156.33	125	T ₁
13	RB 80-6043	168.00	135	T ₁
14	FAM 87-169	156.55	125	T ₁
15	SN	164.25	132	T ₁
16	RB 87-1548	186.23	149	T ₁
17	SP 52-43	205.52	165	T ₁
18	B-1	176.42	141	T ₁
19	SN 11-01	190.55	153	T ₁
20	IRBP 620	183.83	147	T ₁
21	RBB 88-2007	172.00	138	T ₁
22	RB 83-102	188.80	151	T ₁
23	IRBP 605	154.00	123	T ₁
24	IRBP 702	149.80	120	T ₁
25	NA 84-4195	169.63	136	T ₁
26	MZC 72-275	194.78	156	T ₁
27	RB 83-5205	165.63	133	T ₁
28	VAR 04	154.35	124	T ₁
29	SN 4	151.73	122	T ₁
30	RBB 85-5350	153.01	123	T ₁
31	CB 38-22	239.40	192	T ₁
32	VAR 07	161.85	130	T ₁
33	RBN 29	214.52	172	T ₁
34	IRBP 709	156.35	125	T ₁
35	CP 83-3384	166.60	133	T ₁
36	CR 74-250	154.50	124	T ₁
37	SP 91-1631	161.33	129	T ₁
38	SP 91-3011	156.45	125	T ₁
39	SP 79-1011	166.20	133	T ₁
40	UCG 98-1	151.80	122	T ₁
41	RBN 52	156.40	125	T ₁
42	RBN 62	166.83	134	T ₁

En la Tabla 6 y 7, se describe las calificaciones obtenidas para el porcentaje de sacarosa y los rendimientos ($t\ ha^{-1}$) de los genotipos del Banco de Germoplasma con referencia a los testigos UCG 90-20 y RBB 77-26 respectivamente. Para el criterio de identificación de progenitores, el valor del testigo se asigna el 100%, referente al cual, la variable porcentaje de sacarosa, sólo un progenitor se posicionó en un material genético (P_1) con un contenido igual a 120%, el genotipo TUC 817 con sacarosa del 14.5% y, 24 materiales genéticos (P_2), con contenidos entre 100 a 119% en relación al testigo UCG 90-20, para ser utilizados como progenitores previa evaluación de viabilidad de polen. Ya que según Jackson (2005), el principal contribuyente de la alta sacarosa en los cultivares modernos de caña de azúcar es *Saccharum officinarum*. Esta especie se caracteriza generalmente por tener tallos gruesos, hojas anchas, alto contenido de azúcar, bajo contenido de fibra y un número de cromosomas de $2n = 80$.

Respecto al rendimiento ($t\ ha^{-1}$), se tiene a 42 materiales (T_1), con productividad mayor o igual a 120% en relación al testigo comercial RBB 77-26.

Conclusiones

La identificación y selección de progenitores del cultivo de caña de azúcar en el Banco de Germoplasma del INIAF-CENACA, se basó en considerar dos variables agronómicas e industriales (rendimiento y porcentaje de sacarosa), conforme el rendimiento, se logró seleccionar 42 genotipos, cuyos niveles se encuentran en $149.8\ t\ ha^{-1}$ (genotipo IRBP 702), a $239.4\ t\ ha^{-1}$ (genotipo CB 38-22), entretanto, conforme al porcentaje de sacarosa, se seleccionaron 25 genotipos, con niveles de sacarosa que concentra desde 12.04% (genotipos IRBP 605), a 14,5% (genotipo TUC 817), niveles que son

considerados como los más altos, en relación a los 191 genotipos estudiados, tanto en rendimiento como en porcentaje de sacarosa.

Referencias

- AEMP. (2013). Estudio de mercado del azúcar. Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural (MDPyEP). Bolivia.
- Achu O. (2017). *Principales Resultados Alcanzados en el Taller de Análisis de la Producción de Caña de Azúcar, realizado el 20/06/2017*. Encuentro Plurinacional del Complejo Productivo de la Caña de Azúcar realizado el 5 y 6 de octubre 2017. Santa Cruz, Bolivia.
- Caraballos V., García H., Jorge H. y Bernal N. (2012). *Influence of the environment-genotype interaction on some sugar cane flowering variables, in the central region of Cuba*. Centro Agrícola, 39(4), 55-61.
- Chaves M. (2017). Floración en caña de azúcar. Liga agrícola industrial de la caña de azúcar-LAICA. San José, Costa Rica.
- Dinardo-Miranda, L. L., Anjos, I. A. dos, Costa, V. P. da, & Fracasso, J. V. (2012). Resistance of sugarcane cultivars to *Diatraea saccharalis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(1), 1-7. doi:10.1590/s0100-204x2012000100001.
- Fiallos E., F. F. (2010). Reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) del Banco de Germoplasma del CINCAE, al Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow), Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow) y Mosaico (Sugarcane Mosaic Virus) en la zona del Cantón El Triunfo. Guayaquil, Ecuador.
- Fundación CETABOL (2008), Centro Tecnológico Agropecuario en Bolivia, Santa Cruz, Bolivia.
- Honorato J. y Pérez F., W. (2018). Mayoral. El mejor negocio para una caña más simple. *ADAMA*.

- Buenos Aires, Argentina. Recuperado de https://www.adama.com/documents/345258/362158/Folleto+Mayoral+2014+%28web%29_tcm41-27862.pdf.
- Jackson, P. A. (2005). Breeding for improved sugar content in sugarcane. *Field Crops Research*, 92(2-3), 277–290. doi: 10.1016/j.fcr.2005.01.024.
- Melgar, M., Meneses, A., Orozco, H., Pérez, O., Espinosa, R. (Eds.). (2012). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). Guatemala: Artemis Edinter, S.A.
- Pardey C.; García M.; Vallejo F. 2009. *Evaluación agronómica de accesiones de Capsicum del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira*. Valle del Cauca, Colombia.
- Quemé J. L., Orozco H., Ovalle W. y Linares E. (2001). *Planificación de cruzamientos y producción de semilla sexual en la zafra 2000-2001*. En Memoria de presentación de resultados de investigación zafra 2000-2001. CENGICAÑA, Guatemala.
- Quemé J., Orozco H., Salazar A. (2012). *Evaluación de la colección de germoplasma de caña de azúcar (Saccharum spp.) de CEGICAÑA en dos ambientes de la zona cañera de Guatemala*. Guatemala.
- Sola R., F. (2006). CSR Laboratorio. Interpretación de análisis de suelos agrícolas. España: Recuperado de: <http://www.csr servicios.es>.
- Silva E., Castillo F., Molina J., Benítez I., Santacruz A. y Castillo R. (2011). *Selección de progenitores, varianzas genéticas y heredabilidad para acumulación temprana de sacarosa en caña de azúcar*. Chapingo. México.
- Terán P., F. O. (2016). Enfoque ecológico del potencial productivo de la caña de azúcar. *Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF)*. Santa Cruz, Bolivia.
- Vargas O., G. A., Gómez L., L. A. (2005). Evaluación de daño causado por *Diatraea* spp. en caña de azúcar y su manejo en el valle del río Cauca. Cenicaña, Cali, Colombia. (*Serie Divulgativa n° 9*). Recuperado de http://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_divulgativa/sd_09/sd_09.pdf.
- Victoria J., Guzmán M. y Ángel, J. (1995). Enfermedades de la caña de azúcar en Colombia. Cenicaña, 265-293.
- Waclawovsky, A. J., Sato, P. M., Lembke, C. G., Moore, P. H., & Souza, G. M. (2010). Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrose content. *Plant Biotechnology Journal*, 8(3), 263–276. doi:10.1111/j.1467-7652.2009.00491x.
- Wang, L.-P., Jackson, P. A., Lu, X., Fan, Y.-H., Foreman, J. W., Chen, X.-K., Aitken, K. S. (2008). Evaluation of Sugarcane × Progeny for Biomass Composition and Yield Components. *Crop Science*, 48(3), 951. doi:10.2135/cropsci2007.10.0555.
- Chavarria S., E. (2006). Escalas descriptivas para la evaluación de enfermedades de la caña de azúcar. LAICA (Liga Agroindustrial de la Caña de Azúcar). San José, Costa Rica.
- Esquivel, E. A. (1980). La Roya de la Caña De Azúcar (*Puccinia* spp.): Aspectos básicos y revisión de la situación actual. *Boletín GEPLACEA No 14*.
- Ordosgoitti, A., González, V., Aponte, A. (1982). El Carbón de la Caña de Azúcar. *Agronomía Tropical*, 31(1-6), 283-299.
- Rossi, M. N., & Fowler, H. G. (2000). Ant predation of larval *Diatraea saccharalis* Fab. (Lep., Crambidae) in new sugarcane in Brazil. *Journal of Applied Entomology*, 124(5-6), 245–247. doi:10.1046/j.1439-0418.2000.00465x.