

Evaluación de clones experimentales de caña de azúcar en etapas tempranas del programa venezolano para el desarrollo de variedades

Sugarcane clones evaluation at early stages Venezuelan variety development program

Rosaura Briceño Cárdenas^{1*}, Orlando De Sousa Vieira¹, Alida Díaz¹, Ramón Rea², Milagros Niño¹, Argenis Rivero¹, Gregoryd Aza¹ y José R. George¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Estación Local Yaritagua, estado Yaracuy. ²Instituto de Estudios Avanzados (IDEA), Baruta, estado Miranda. *Correos electrónicos: rbriceno@inia.gob.ve, rosaurab@hotmail.com.

RESUMEN

El Programa Venezolano de Desarrollo de Variedades de Caña de Azúcar (PVDVCA) se encuentra ubicado en la Estación Local Yaritagua, municipio Peña, estado Yaracuy, adscrito al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). El objetivo del programa es producir y seleccionar variedades venezolanas de caña de azúcar (*Saccharum* spp. Híbrido). El mismo comprende una serie de cinco etapas de selección, una fase de plántulas y cuatro de selección clonal, cuyo ciclo completo dura aproximadamente de 12 a 14 años. En este trabajo veintiocho clones, fueron evaluados en la IV etapa de selección, denominada Primer Ensayo Replicado, durante tres ciclos anuales y consecutivos, bajo un diseño en bloques al azar con tres repeticiones. Se evaluaron las variables: brotación (%), Pol % caña o sacarosa aparente, toneladas de caña por hectárea (TCH), toneladas de Pol por hectárea (TPH). Los resultados indicaron diferencias altamente significativas para la variable brotación, resaltando los clones V98-78, V98-95, V98-56 y V98-37, con un promedio de 40,58%. En cuanto a las variables de rendimiento, especialmente en TPH, los materiales que destacaron en todos los ciclos, superando a los testigos comerciales, fueron V98-62, V98-120, C266-70, C137-81 y V98-39, por encima de las 20 TPH, para el primer ciclo. Estos resultados, conjuntamente con las evaluaciones fitosanitarias, permitieron seleccionar estos genotipos experimentales para pasar a la etapa final del programa llamada ensayos regionales.

Palabras clave: *Saccharum* spp., híbrido, ensayos regionales, selección clonal.

ABSTRACT

The Venezuelan Sugarcane Variety Development Program (VSVDP) is located at the Yaritagua Experimental Station, Peña Municipality, state of Yaracuy, and it is ascribed to the Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). The program's goal is to produce and select Venezuelan varieties of sugarcane (*Saccharum* spp. Hybrid). It comprises a series of five stages of selection, one seedling phase and four clonal selection phases, whose full cycle lasts about 12 to 14 years. In this work twenty-eight clones were evaluated in the selection stage IV, called Replicated First Essay, for three annual and consecutive cycles, under a randomized block design with three replications. Bud break (%), Pol %, apparent cane or sucrose content, tons of cane per hectare (TCH), pol tons per hectare (TPH) were evaluated. Results showed highly significant differences for sprouting, highlighting the clones V98-78, V98-95, V98-56 and V98-37, with an average of 40.58%. As for the yield related variables, especially in TPH, materials that excelled in all cycles, outperforming commercial genotypes were V98-62, V98-120, C266-70, C137-81 and V98-39, with above 20 TPH in the first cycle. These results, together with the phytosanitary evaluations allowed to select these experimental genotypes to move to the final stage of the program called regional trials.

Key words: *Saccharum* spp., hybrid, outfield trials, clonal selection.

INTRODUCCIÓN

Los cultivares de caña de azúcar son híbridos interespecíficos, que se originan de un proceso de hibridación y selección, con el fin de obtener cultivares mejorados adaptados a diferentes condiciones agroecológicas y con resistencia a las principales enfermedades e insectos plagas que permitan sustituir a aquellos que se encuentren en proceso de deterioro.

La selección en los programas de mejoramiento genético de caña de azúcar, comienza normalmente en una población de plántulas variables genéticamente derivada de semilla sexual; posteriormente se inician las etapas de propagación clonal, las cuales van a variar de acuerdo al programa de cada país. Los caracteres se fijan en la primera etapa de selección y estos después deben ser heredables y repetibles (Casalette y Ranjel, 1995).

El Programa Venezolano de Desarrollo de Variedades de Caña de Azúcar (PVDVCA) del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), actualmente tiene su sede en la Estación Local Yaritagua (ELY), estado Yaracuy. Este programa consiste básicamente de un banco de germoplasma compuesto por variedades de caña de azúcar venezolanas y otras provenientes de la mayoría de los países productores de caña de azúcar del mundo; una colección activa de progenitores seleccionados por su habilidad para producir progenie de calidad; una fase de cruzamientos (hibridación) para producir poblaciones variables genéticamente, y finalmente; la selección en etapas consecutivas de los mejores individuos existentes dentro de estas poblaciones.

Las etapas de selección en campo son denominadas: etapa I, plántulas en campo; etapa II, primer ensayo comparativo; etapa III, segundo ensayo comparativo; etapa IV, primer ensayo replicado y; etapa V, ensayos regionales o pruebas finales de variedades (De Sousa *et al.*, 2008).

Los criterios de selección del PVDVCA, que usualmente se consideran de importancia para la selección de nuevas variedades de caña de azúcar son: componentes del rendimiento en toneladas de caña y azúcar; apariencia de la planta (cañas erectas, desnudas y soqueras); resistencia a enfermedades e insectos plagas y;

usos alternos (agrocombustibles, cogeneración y forrajes).

La etapa IV, llamada primer ensayo replicado, es una prueba de rendimiento y es aquella que precede a los ensayos regionales, llevada por dos ciclos (planta y soca) y los criterios de selección: producción de azúcar, toneladas de caña para producir una tonelada de azúcar y producción de caña. El objetivo de este trabajo fue seleccionar clones experimentales de caña de azúcar de la serie Venezuela 1998, evaluados en la etapa IV del PVDVCA.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el campo experimental de la ELY, del INIA Yaracuy, ubicada en el municipio Peña del estado Yaracuy, a 10° 04' LN y 69° 07' LO y una altitud de 325 m.s.n.m. con precipitación media anual de 953 mm y temperaturas promedios anuales de 30,6 °C (máxima) y 20,3 °C (mínima). Los suelos donde se ubica la estación pertenecen a la serie Uribeque (Mendoza *et al.*, 1983) representados en gran porcentaje por el orden Alfisol (Latiegue, 2009). Esta estación es la sede del PVDVCA.

Siembra y establecimiento del ensayo

El estudio llamado primer ensayo replicado o etapa IV de selección, se sembró el 10 de Noviembre del 2004, en el tablón 8 del campo experimental de la ELY. Se utilizaron 19 materiales venezolanos experimentales de la serie V98, seis materiales extranjeros (dos cubanos [C] y cuatro de la República de Brasil [RB]) y tres testigos comerciales como fuente de comparación (Cuadro 1). Se conformaron 28 tratamientos en un área efectiva de 3780 m². El ensayo fue evaluado en tres ciclos planta, primera soca y segunda soca.

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Se establecieron parcelas experimentales de tres hilos de 10 m por material (45 m²) y separadas a 1,5 m y una densidad de siembra de 12 yemas por metro lineal.

Las variables medidas fueron porcentaje de brotación, Sólidos solubles totales (°Brix), Pol % caña o sacarosa aparente, toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de Pol por hectárea (TPH).

Cuadro 1. Clones sembrados en el primer ensayo replicado serie Venezuela 1998 (V98).

Clon	Progenitores (♀ x ♂)	Clon	Progenitores (♀ x ♂)
V98-07	PR61-632 x ?	V98-95	Gloria 58 x ?*
V98-10	PR69-2176 x ?	V98-106	CP74-2005 x ?
V98-13	Gloria 58 x ?	V98-117	C323-68 x ?
V98-15	Gloria 58 x ?	V98-119	SP71-6163 x ?
V98-33	Kassoer x ?	V98-120	Kassoer x ?
V98-35	Kassoer x ?	C137-81	B73-343 x Merceditas
V98-37	Gloria 58 x ?	C266-70	Co281 x POJ28-78
V98-39	PR61-632 x ?	RB84-5257	RB72-454 x SP70-1143
V98-56	B74-49 x ?	RB85-5035	L60-14 x SP70-1284
V98-62	C323-68 x ?	RB85-5536	SP70-1143 x RB72-454
V98-64	CP74-2005 x ?	RB85-5546	SP70-1143 x RB72-454
V98-78	Kassoer x ?	PR61-632 (T)	Co421 x POJ28-78
V98-80	C323-68 x ?	PR980 (T)	Co421 x POJ28-78
V98-87	Gloria 58 x ?	V64-10 (T)	CB36-24 @**

*? Padre desconocido, debido a que es producto de una polinización abierta en campo o cruce múltiple.

**@ Progenitor proveniente de una autofecundación de CB36-24.

Porcentaje de brotación

A los cuarenta y cinco días después de la siembra se realizó la observación de brotación, contando todos los brotes primarios de cada uno de los tres hilos de cada parcela. Se realizó el cálculo dividiendo el número de brotes observados por hilera, entre el número de sembrados por hilera y se multiplicó esta cifra por cien.

Muestreo de tallos (Determinación de Pol % caña)

Este muestreo se realizó cuando el cultivo tenía 11 meses de edad aproximadamente para los tres ciclos (planta, soca y resoca). La muestra que se tomó constó de 10 tallos molibles consecutivos a partir de un punto tomado al azar dentro de la hilera central de cada parcela experimental. Cada muestra fue identificada y enviada al laboratorio de tallos del INIA Yaracuy, donde fueron pesadas y procesadas mediante el método del jugo prensado descrito por Chen (1997), mediante un sacarímetro

modelo SacchAAr 880D. Los resultados fueron expresados como Pol % Caña (PPC), que representa la sacarosa aparente contenida en 100 partes de caña.

Cosecha (Rendimiento en TCH)

La cosecha se realizó a los 12 meses aproximadamente, pesando con ayuda de una cargadora de caña y un dinamómetro digital, toda la caña de cada parcela. A este dato se le sumó el peso correspondiente a las muestras extraídas para el análisis de jugo y fibra, para estimar el rendimiento en TCH y aunado al PPC, se determinó las TPH.

El diseño utilizado fue bloques completamente aleatorizados donde se realizó el análisis por ciclo y combinado para los tres ciclos de cosecha, utilizando la prueba de mínima diferencia significativa (LSD) de Fisher y el programa estadístico Infostat. Las variables dependientes fueron todas las de rendimiento industrial y agronómico: PPC, TCH y TPH, así como el

porcentaje de brotación; siendo las variables independientes, las variedades utilizadas en el ensayo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de brotación

El porcentaje de brotación promedio de todo el ensayo estuvo en 32,94%, detectándose diferencias altamente significativas ($P < 0,05$) entre variedades; fluctuando valores desde 44% en materiales como PR 61-632 hasta 22% en V98-106. Los materiales experimentales más resaltantes fueron las variedades V98-78, V98-95, V98-56 y V98-37 con valores de 42 y 40% (Cuadro 2). Esta fase del cultivo, considerada como una de las más importantes, está afectada por factores externos e internos tales como humedad, aireación y temperatura del suelo, además de yemas sanas, entre otros; que de

una u otra manera son determinantes en el desarrollo del cultivo (Smit, 2010; Netafim, 2014).

Por otro lado, en algunos trabajos se ha encontrado correlación entre la brotación y TCH (Ramón y Mendoza, 2002), no obstante en el ensayo, se determinó que no existe una correlación entre estos dos factores (0,15 y 0,45 de probabilidad, Cuadro 3), difiriendo de los autores arriba señalados. Sin embargo, los valores de rendimiento en TCH se pudieran atribuir a la uniformidad de la brotación en todo el área de siembra de cada parcela.

Resultados de rendimiento

La variable PPC estima el contenido de sacarosa aparente que pueda tener cada material. Desde el punto de vista de mejoramiento genético se buscan aquellos clones que sean estables de un ciclo a otro y con valores por encima de 14%,

Cuadro 2. Porcentaje de germinación de 28 materiales de caña de azúcar pertenecientes al primer ensayo replicado serie V98.

Clon	% Germinación	Clon	% Germinación
PR61-632	44,00	RB85-5546	31,67
V98-78	42,00	V64-10	31,33
V98-95	40,33	V98-15	31,33
V98-37	40,00	V98-119	31,00
V98-56	40,00	RB84-5257	29,33
V98-117	38,67	V98-87	28,67
RB85-5035	38,00	RB85-5536	28,67
V98-64	37,00	PR980	28,00
V98-120	37,00	V98-80	27,67
V98-13	35,33	V98-7	27,33
V98-10	33,33	V98-62	26,67
V98-39	32,67	C137-81	24,00
C266-70	32,33	V98-106	22,33
V98-33	32,00	CV	9,95
V98-35	31,67	DMS	5,37

para considerarlos aptos para la selección a la siguiente etapa.

Al analizar los datos obtenidos en los tres ciclos de evaluación (Figura 1) se pudo observar diferencias altamente significativas ($P < 0,05$) entre variedades, resaltando la variedad C137-81 con un valor de 15,43% de Pol, para el ciclo planta seguida de la V98-95, V98-119 y V98-106 con valores por encima de 14,80%. Los testigos para este ciclo presentaron un promedio de 12,92%, por debajo del promedio de los materiales experimentales que estuvo en 13,77% de Pol, demostrando la calidad de los materiales en este ciclo.

Para el ciclo soca se observa cómo estos valores disminuyeron para casi todos los materiales, sin embargo, variedades como la V98-106, V98-7 y la V98-64, mantuvieron sus valores casi estables por encima de 14% de Pol. El promedio del ensayo para este ciclo bajó a 12,87%, no obstante, el de

los testigos se incrementó a 13,01%. Si analizamos el ciclo soca 2 esta variable disminuye a 12,33%, pero se observa, que materiales como la V98-106 se mantienen estables a través del tiempo.

Con respecto a la variable de TCH, el ensayo presentó un buen rendimiento promedio en el ciclo planta con 130,05; superior al de los testigos, resaltando cultivares como V98-62 y C266-70, con rendimientos superiores a 160 t ha⁻¹ (Cuadro 4). Cabe destacar que todos los materiales estuvieron por encima de las 100 t ha⁻¹.

En el ciclo soca, es normal que el rendimiento disminuya en algunas variedades, corroborándose con el promedio del ensayo en 120,58 t ha⁻¹. En este ciclo resaltan las variedades V98-62, V98-120 y V98-37, con valores por encima de los 160 t ha⁻¹. En el ciclo soca 2, se nota un marcado descenso para todas

Cuadro 3. Valores de correlación entra las variables de germinación y toneladas de caña por hectárea, para el primer ensayo replicado serie V 1998.

	Ger	TCH
Ger	-	0,45
TCH	0,15	-

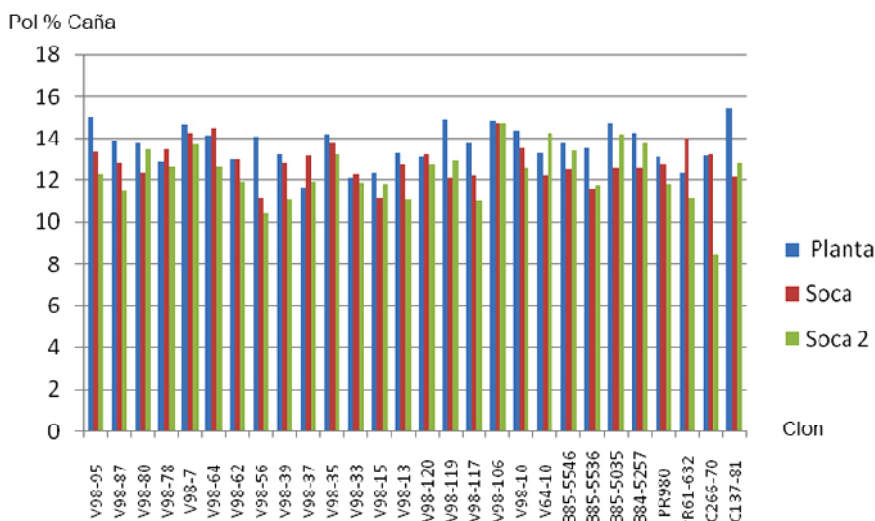


Figura 1. Valores de Pol % Caña, de 28 materiales del primer ensayo replicado, Serie V98 Para los tres ciclos de evaluación.

Cuadro 4. Variables tonelaje de caña por hectárea (TCH) y toneladas de Pol por hectárea (TPH), para tres ciclos del primer ensayo replicado serie V98.

Clon	TCH			TPH		
	Planta	Soca	Soca 2	Planta	Soca	Soca 2
C137-81	139,26	149,18	67,15	21,48	17,83	8,65
V98-95	114,07	98,81	50,22	17,03	13,23	6,22
V98-119	103,7	143,26	54,73	15,37	17,52	7,16
V98-106	106,66	104,74	68,27	15,98	15,56	9,52
RB85-5035	118,52	97,33	71,69	17,50	12,41	10,11
V98-7	122,96	92,89	69,28	18,03	13,13	9,26
V98-10	117,04	107,56	91,62	22,09	18,94	11,45
RB84-5257	112,59	66,22	20,68	15,99	8,12	2,84
V98-35	124,44	129,92	70,95	17,66	18,00	9,35
V98-64	124,45	131,40	86,63	17,61	19,05	10,96
V98-56	139,26	134,37	48,69	19,62	14,87	5,11
V98-87	106,67	129,93	54,96	14,89	16,58	6,35
V98-117	124,44	79,55	53,68	17,13	9,94	5,93
RB85-5546	128,89	61,78	29,49	17,88	7,65	3,91
V98-80	149,63	116,59	58,88	20,66	14,49	7,91
RB85-5536	130,37	109,18	57,68	17,66	12,57	6,79
V64-10*	117,04	107,56	67,78	15,43	13,42	9,73
V98-13	145,18	135,85	51,57	19,27	17,30	5,68
V98-39	139,26	149,19	87,06	18,52	19,16	9,69
C266-70	167,41	153,48	67,4	22,06	20,27	7,76
PR980*	114,08	122,52	60,82	14,65	15,67	7,11
V98-120	154,07	169,63	93,42	20,20	22,41	12,2
V98-62	160,00	174,37	121,41	20,95	22,71	14,37
V98-78	134,81	121,04	56,65	17,34	16,18	7,17
PR61-632*	131,85	143,26	75,33	16,23	20,11	8,52
V98-15	145,18	94,37	42,15	17,90	11,31	5,17
V98-33	118,52	86,96	51,97	14,41	10,68	6,25
V98-37	151,11	165,19	81,15	17,68	21,74	9,61
DMS	41,23	48,06	25,99	5,55	6,49	3,52
CV%	19,18	24,12	24,55	18,95	25,18	26,83
Promedio del ensayo	130,05	120,58	64,69	17,90	15,75	8,03
Promedio de testigos	120,99	124,45	67,98	15,44	16,4	8,45

*Testigos comerciales.

las variedades y esto se debió, probablemente, al manejo dado al ensayo para este ciclo; sin embargo, sigue resaltando la variedad V98-62, siendo la única que se mantiene por encima de las 100 t ha⁻¹ para los tres ciclos.

La variable TPH se refiere a la cantidad de azúcar (expresada en toneladas), obtenida por la cantidad de caña cosechada en una hectárea. Está relacionada directamente con el PPC y las toneladas de caña. En esta variable se presentaron diferencias significativas entre variedades para los tres ciclos en estudio.

En el ciclo planta resaltaron las variedades C266-70, V98-10, V98-62, V98-80 y V98-120 con valores que superan los 20 TPH (Cuadro 4). En el ciclo soca, a pesar de que los valores de TPH bajaron, variedades venezolanas como V98-62 y V98-120, superaron a las 22 TPH. En el último ciclo, los valores disminuyeron drásticamente debido a la producción de caña, pero igualmente la variedad venezolana V98-62, sigue resaltando como la más alta en rendimiento de TPH.

Al analizar estas tres variables para todos los ciclos (Figura 2), se observa como el PPC es el más estable durante los tres cortes, lo cual indica que es una variable con poca influencia del ambiente. Al contrario, se muestra la producción de caña o TCH, observándose que

es una variable con mucha influencia ambiental, mostrando la respuesta de las variedades afectadas por el efecto de ciclo.

El análisis combinado de los tres ciclos de cosecha (Figura 3), muestra diferencias significativas entre variedades para todas las variables evaluadas, resaltando las variedades V98-62 (1), V98-120 (2) y V98-10 (3), con los mejores TPH; la variedad V98-106 (13) con el mejor PPC y la V98-62 (1) con el mayor TCH.

Se consideran aptos para ser seleccionados a la siguiente etapa todos los materiales que estén por encima de las 15 TPH, ya que superan al mejor de los testigos que en este caso es la PR61-632. Sin embargo, a parte de los criterios de rendimiento hay otros factores como la presencia de enfermedades e insectos plaga que determina definitivamente la selección de una variedad.

De esta manera los materiales seleccionados para la etapa de ensayos regionales son: V98-62, V98-120, C266-70, C137-81 y V98-39, estos cultivares superaron a los testigos en la variable de TPH y fueron resistentes y medianamente resistentes al carbón de la caña de azúcar, además de presentar una buena apariencia general.

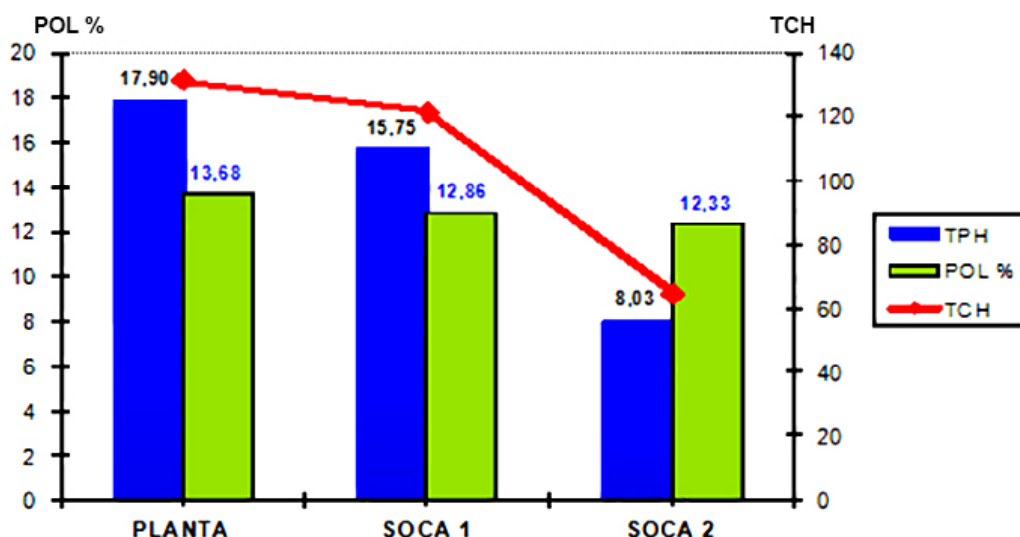


Figura 2. Variables TPH, PPC y TCH para los tres ciclos (planta, soca y soca 2) del primer ensayo replicado Serie V98.

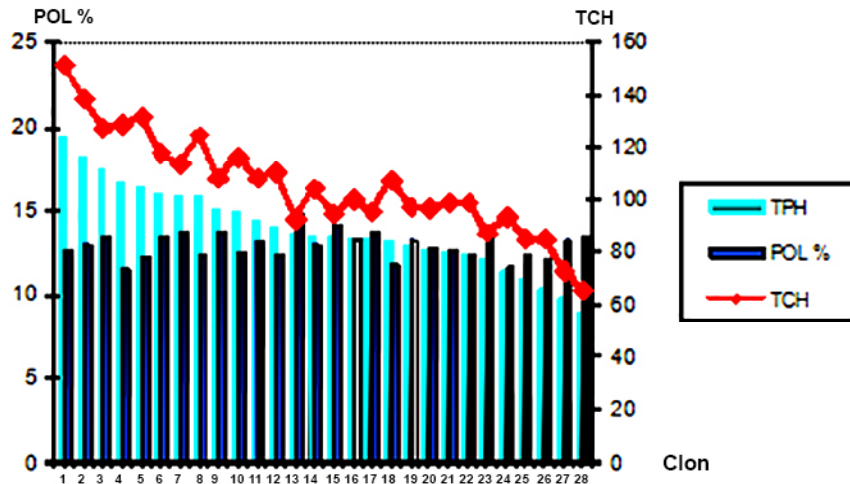


Figura 3 Análisis combinado de los tres ciclos de corte para las variables TPH, PPC y TCH, del primer ensayo replicado V98.

CONCLUSIONES

A medida que se va avanzando en las etapas tempranas del programa, la selección de los materiales se hace cada vez más estricta, teniendo en cuenta todos los criterios, tanto de rendimiento como de evaluación de enfermedades e insectos plagas.

Las variedades V98-78, V98-95, V98-56 y V98-37, fueron las que presentaron mejor brotación a los 45 días de sembrado el ensayo, sin tener esta incidencia en los rendimientos de caña por hectárea.

Los materiales que presentaron un rendimiento superior a los testigos y aceptable reacción a las principales enfermedades del cultivo fueron: V98-39, V98-62, V98-120, C266-70 y C137-81.

LITERATURA CITADA

- Cassalett Davia, C. y H. Ranjel Jiménez. 1995. Mejoramiento Genético. En: El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia, Cali. CENICAÑA. pp. 63-81.
- Chen, J. 1997. Manual del azúcar de caña: Para fabricantes de azúcar y químicos especializados. Editorial Limusa, S. A. México, D. F. 1200 p.
- De Sousa-Viera, R., R. Briceño, A. Díaz, R. Rea, M. Niño, A. Rivero, G. Aza, A. Ortiz y J. George. 2008. Programa Venezolano de Desarrollo de Variedades de Caña de Azúcar (PDVCA). Revista Digital INIA HOY N° 1 (enero-abril). Disponible en línea: <http://www.inia.gob.ve/index.php?option=com>, [Mar. 25, 2014].
- Latiegue, R. 2009. La fertilidad de los suelos de la Estación Local Yaritagua del INIA Yaracuy y su uso para el cultivo de la caña de azúcar. Revista Digital INIA HOY N° 4 (enero-abril). Disponible en línea: <http://www.inia.gob.ve/index.php?option=com>, [Mar. 25, 2014].
- Mendoza, S., G. Valera y C. Ohep. 1983. Estudio preliminar de suelos del eje Morón-Barquisimeto-La Lucía. Departamento de suelos. División de información e investigación del ambiente, Barquisimeto, 176 p.
- Netafim. 2014. Sugarcane. Sugarcane morphology/growth phases/ germination. Available online: http://www.sugarcanecrops.com/crop_growth_phases/germination_establishment_phase [Mar. 25, 2014].
- Smit, M. A. 2010. Characterising the factors that affect germination and emergence in sugarcane. Proc S Afr Sug technol ass. 83:230-234.
- Ramón, M. y C. Mendoza. 2002. Efecto del deterioro post-corte sobre la germinación de la semilla asexual de cinco variedades de caña de azúcar. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 19(4):264-272.