

# **Evaluación de ocho clones nacionales de caña de azúcar (*saccharum officinarum*) bajo dos tipos de suelo en el Ingenio San Carlos**

Oscar Núñez Burgos<sup>1</sup>, Raúl Castillo Torres<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniero Agropecuario, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2004. onunez@isc.com.ec

<sup>2</sup>Director de Tesis. Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador 1982, M.Sc. Recursos Genéticos, Universidad de Birmingham, 1987. Ph.D, Fitomejoramiento, Genética y Biotecnología, Universidad de Wisconsin, 1995. rcastillo@cincae.org

## **RESUMEN**

El presente trabajo se desarrolló en el Ingenio San Carlos, situado en el cantón Marcelino Maridueña de la provincia del Guayas, a una latitud 2° 16' S, y una longitud de 79° 25' O, a 35 metros sobre el nivel del mar. El experimento se instaló en dos localidades con diferente tipo de suelo, la Localidad 1 de textura francoarenosa (cantero 030233) y la Localidad 2 de textura francoarcillosa (cantero 060233). Se evaluaron las características agronómicas, en caña planta, de ocho clones nacionales de caña de azúcar del Estado IV Serie 98 del Programa de Variedades del CINCAE (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador). La unidad experimental fue el clon en proceso de selección. Se evaluaron diez tratamientos (ocho clones en proceso de selección y dos testigos) en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Las parcelas fueron de cuatro surcos a 1.5 m de distancia por diez metros de largo, para las evaluaciones se tomaron los datos de los dos surcos centrales. Como prueba de significación estadística se utilizó la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. El análisis de varianza combinado de las dos localidades indica que la producción de azúcar por hectárea (TAH) y el rendimiento azucarero (kg/az/t) de los clones estuvo influenciado por la localidad. Para la producción de caña por hectárea (TCH) no existió significación para la interacción entre tratamiento y localidad. Los promedios para las tres variables fueron significativamente superiores en la localidad 2, confirmando que las características del suelo de la Localidad 2 son superiores para el cultivo de estos clones. Los resultados indican que, entre los clones evaluados, existen alternativas con alto potencial para diversificar el área cañera de la costa ecuatoriana.

## **ABSTRACT**

This research was carried out at San Carlos Sugar Mill, located in Marcelino Maridueña, Guayas province, latitude 2° 16' S, longitude de 79° 25' O, at 35 meters above sea level. Evaluation was performed in two locations with different soil type (field plot 030233 has a sandy loam soil and field plot 060233 with a clay loam texture). Eight clones from the CINCAE (Sugar Cane Research Center of Ecuador) breeding Program, stage IV of selection were used to evaluate their agronomic characters. All material were planted with two local checks (Ragnar and PR67-1070) wich gave ten treatments. Plots have four rows of 10m long and 1.5 m wide. Data were collected two middle rows to avoid border effects. For statistical analysis a complete randomized experimental design with three replications was used and Tukey 5 % test of significance was analysed. The combined analysis of variance of the two locations show statistical significance for locations for the variables tones of sugar per hectare (TSH) and kilograms of sugar per tonne of cane (kg/s/t). There was no significance for the interaction between treatments and locations for TCH. Average of the three variables was superior in location 2, showing high influence of better soil at this location. These results and the other characters evaluated show good potential clones to diversify sugarcane cultivated area at the Ecuadorian sugar producing areas.

## **INTRODUCCIÓN**

En el Ecuador, la variedad Ragnar ocupa aproximadamente el 80% del área cultivada con caña de azúcar. Esta situación representa una amenaza para la industria azucarera ecuatoriana, ya que por la uniformidad genética, se puede romper la tolerancia de esta variedad a plagas y enfermedades, y esto afectaría a la mayoría de las plantaciones del país. Por esta razón, la industria cañera ecuatoriana debe tener una mayor diversidad de variedades para asegurar su sostenibilidad.

Con el objetivo lograr diversificar el área de caña de azúcar en el Ecuador, el CINCAE ha establecido un programa de fitomejoramiento cuyo objetivo es proveer de variedades nacionales a los productores del Ecuador. Las variedades nacionales producidas por el CINCAE se obtienen a partir del cruce de parentales escogidos, luego son evaluadas en diferentes estados de selección hasta seleccionar las mejores variedades.

Este trabajo incluyó los ocho clones que constituyen el Estado IV de la serie 98, es decir, son clones seleccionados para establecer el cuarto estado de selección, provenientes de cruzamientos sembrados en 1998. El ensayo consistió en evaluar las características agronómicas de los ocho clones en proceso de selección y dos testigos, que fueron las variedades Ragnar y PR67-1070.

El experimento se desarrolló en dos localidades del Ingenio San Carlos con diferente tipo de suelo. Los resultados que se obtuvieron de esta investigación aportan para el proceso de selección de nuevas variedades nacionales a través de la evaluación del comportamiento agronómico de los clones en caña planta.

## **METODOLOGÍA**

El experimento se instaló durante la primera semana de Agosto del 2002. El Ingenio San Carlos se encuentra situado en la provincia del Guayas, en el cantón Marcelino Maridueña; está ubicado a 35 metros sobre el nivel del mar a una latitud 2° 16' S, y una longitud de 79° 25' O, el promedio anual de temperatura es de 25,2 grados C, con una máxima de 34 y una mínima de 18 grados C (año 2003). El promedio anual de precipitación es de 1800 mm, con una humedad relativa de 80 %, el promedio anual de luminosidad es de 710 horas luz.

El experimento se instaló en dos localidades con diferente tipo de suelo, la Localidad 1 presenta una

textura de suelo franco-arenosa con pH = 6.6, contenido de fósforo = 49 ppm, potasio = 0.64 cmol/kg, calcio = 11.6 cmol/kg, magnesio= 3.9 cmol/kg y contenido de materia orgánica= 1.2 %. Mientras que la Localidad 2 tiene textura franco-arcillosa, pH = 6.5, contenido de fósforo = 10 ppm, potasio = 0.33 cmol/kg, calcio = 23.3 cmol/kg, magnesio = 14.2 cmol/kg y contenido de materia orgánica = 2.0 %.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar (DBA) con tres repeticiones. Se evaluaron 10 tratamientos en la Localidad 1, mientras que en la Localidad 2 se evaluaron 9 tratamientos (Cuadro 1), es decir que la Localidad 1 estuvo conformada por 30 parcelas y la Localidad 2 por 27 parcelas. Cada parcela se constituyó de cuatro surcos de 10 metros de largo a 1.5 metros de distancia entre surcos. En cada surco se sembraron 30 esquejes con 3 yemas cada uno, es decir 9 yemas por metro lineal. La unidad experimental fue el clon en proceso de selección. Cada parcela tuvo un área de 60 metros cuadrados (10 x 6m). Las mediciones de las variables evaluadas se tomaron de los dos surcos centrales de cada parcela. Se calculó el análisis de varianza por localidad para todas las variables y el análisis combinando de las dos localidades para las variables producción de caña por hectárea (TCH), rendimiento azucarero (kg/az./t) y producción de azúcar por hectárea (TAH). La prueba de significación estadística utilizada fue la de Tukey al 5 % de probabilidad.

**Cuadro 1. Clones en proceso de selección y testigos que conforman los tratamientos evaluados en las dos localidades del Ingenio San Carlos, y el cruzamiento que dio origen a cada clon.**

Tratamiento	Localidad 1	Localidad 2	Cruzamiento
1	ECSP98-419	ECSP98-419	ROC7 x ?
2	ECSP98-392	ECSP98-392	SP84-1501 X SP80-144
3	ECSP98-425	ECSP98-425	ROC7 x ?
4	ECSP98-149	ECSP98-149	SP81-306 x ?
5	ECSP98-169	ECSP98-169	SP81-6215 X SP80-1816
6	ECSP98-168	ECSP98-168	SP81-6215 X SP80-1816
7	ECSP98-127	-	SP83-5073 X RB83-5089
8	ECSP98-499	ECSP98-499	RB82-5336 X SP80-144
9	Ragnar	Ragnar	NCo210 X 33MQ371
10	PR67-1070	PR67-1070	H32-8560 X ?

(?): Policruzamiento

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para la producción de caña en toneladas por hectárea (TCH), no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en ambas localidades (Cuadro 2). El clon ECSP98-149 presentó la producción más alta en la Localidad 1 con un promedio de 93 TCH, mientras que el clon ECSP98-168 obtuvo el promedio más bajo para esta variable, con 54.6 TCH. En la Localidad 2, el clon con mejor producción de caña fue el ECSP98-499 con 92.4 TCH y el clon ECSP98-392 obtuvo la menor producción (68.1 TCH). En la Localidad 1, la variedad testigo Ragnar presentó una producción de caña menor al promedio general, mientras que PR67-1070 fue mejor que el promedio general, esto confirma la baja adaptación de la variedad Ragnar a los suelos arenosos. En la Localidad 2 los dos testigos fueron superiores al promedio general. El análisis combinado de las dos localidades (Cuadro 3) indica que no existieron diferencias significativas entre tratamientos ni para la interacción clon x localidad. La producción de caña fue significativamente mayor en la localidad 2 (83.1 a) que en la localidad 1 (78.3 b).

Para el rendimiento azucarero en kilogramos de azúcar por tonelada de caña (kg/az./t), se observaron dos rangos de significación (a,b) para la Localidad 1, mientras que en la Localidad 2 se observaron tres rangos (a,b,c). En las dos localidades el clon ECSP98-392 (L1: 93.7 a. L2:105.4 a) obtuvo el mayor rendimiento, ubicándose en el primer rango de significación en la Localidad 2. Esto confirma el alto potencial azucarero que tiene este clon. El clon ECSP98-169, también se ubicó en segundo lugar en las dos localidades (L1: 90.9 a. L2: 101.6 ab), compartiendo el rango de significación con el clon ECSP98-499 y la variedad testigo Ragnar en la Localidad 2. En la Localidad 1 el clon ECSP98-419 (83.1 b) obtuvo el promedio más bajo, siendo el único que se ubicó en el segundo rango de significación, mientras que en la Localidad 2 este mismo clon se ubicó penúltimo en la tabla (82.0 bc), confirmándose su bajo rendimiento azucarero. La variedad testigo PR67-1070 se ubicó en último lugar como único clon en el tercer rango de significación en la Localidad 2 (76.7 c). El promedio general de la Localidad 2 (93.7 a) fue significativamente mayor al promedio general alcanzado en la Localidad 1 (79.3 b).

El análisis combinado de las dos localidades indica que el clon ECSP98-392 (99.5 a) alcanzó el mejor promedio seguido del clon ECSP98-169 (96.2 ab) mientras que el clon ECSP98-419 (61.5 d) obtuvo el promedio más bajo. La interacción clon x localidad fue significativa (Tukey 1 %).

Para producción de azúcar por hectárea en toneladas por hectárea (TAH), en la Localidad 1 se obtuvieron dos rangos de significación (a,b), mientras que en la Localidad 2 no se presentaron diferencias entre los clones. Los clones ECSP98-169 y ECSP98-127 seguidos del clon ECSP98-149 y la variedad testigo PR67-1070, obtuvieron los mejores resultados en la Localidad 1 ocupando estos cuatro tratamientos el primer rango de significación (a). En la Localidad 2, a pesar de que no se presentaron diferencias entre los tratamientos, los clones ECSP98-169 y ECSP98-499 obtuvieron los valores más altos. El análisis combinado de las dos localidades indica que el clon ECSP98-169 (8.6 a) alcanzó el mejor promedio seguido del clon ECSP98-499 (7.8 a), mientras que el clon ECSP98-419 (4.6 b) se ubicó como el clon con menor producción de azúcar por hectárea. La interacción clon x localidad fue significativa (Tukey 5 %).

La variable porcentaje de germinación fue evaluada a los 45 días después de la siembra. En el Cuadro 2, se observa que el rango obtenido para esta variable varía entre 32.1% (ECSP98-168) y 54.6 % (ECSP98-392) en la Localidad 1, mientras que en la localidad 2 el valor oscila entre 27.7 % (ECSP98-168) y 53 % (ECSP98-499). Como se puede observar, el clon ECSP98-168 presenta el porcentaje de germinación más bajo en ambas localidades. Deberán examinarse las causas de esta baja germinación, o si el clon requiere de mayor cantidad de semilla o algún tratamiento de semilla que permita incrementar el porcentaje de germinación. En las dos localidades, solamente el clon ECSP98-168, que se ubicó en último lugar, presentó diferencia estadística con todos los demás tratamientos.

Para población (número de tallos/m) a la cosecha, se presentaron dos rangos de significación en ambas localidades (a,b). En la Localidad 1, el clon ECSP98-149 (10.7 a ) presentó el promedio más alto, diferenciándose estadísticamente de los clones ECSP98-499 (7.5 b), ECSP98-425 (7.0 b), ECSP98-168 (6.6 b) y el testigo PR67-1070 (7.3 b). El clon ECSP98-149 presentó la población más alta en la Localidad 1, esto es beneficioso por el cierre de surco temprano, que ayuda a controlar las malezas, reduciendo de esta manera los costos. El clon ECSP98-168 a pesar de su buena apariencia y comportamiento, no alcanzó un buen nivel de población debido a la baja germinación que obtuvo. En la Localidad 2, el clon ECSP98-499 (9.6 a) alcanzó la población más alta, diferenciándose estadísticamente de la variedad testigo PR67-1070 (6.4 b) y el clon ECSP98-168 (6.3 b), que tampoco alcanzó buena población en esta localidad debido a la baja germinación que obtuvo, sin embargo sus buenas características fenotípicas lo convierten en un clon interesante para los estados subsiguientes de selección. La población (número de tallos/m) fue mayor en Localidad 1 (8.2) que en la localidad 2 (7.7). La variedad Ragnar se ubicó debajo del promedio en la Localidad 1, mientras que en la localidad

2 se ubicó segunda en la tabla y sobre el promedio general, esto confirma la baja adaptación de la Ragnar a suelos arenosos y el buen comportamiento que presenta en suelos francoarcillosos como los de la localidad 2.

Para la variable altura de planta a la cosecha (m), se presentaron dos rangos en la localidad 1 (a,b) mientras que en la localidad 2 se presentaron tres (a,b,c). En la Localidad 1, el clon ECSP98-127 alcanzó el promedio más alto (3.73 a) y los clones ECSP98-149 y ECSP98-169 se ubicaron detrás de este (3.70 a), siendo los tres los que se diferenciaron de la variedad testigo Ragnar (2.47 b) que fue el tratamiento que menor altura alcanzó. En la Localidad 2, los tratamientos ECSP98-168 (4.0 a), PR67-1070 (3.97 a), ECSP98-149 (3.9 a), ECSP98-169 (3.87 a) y ECSP98-499 (3.8 a) fueron los que mayor altura alcanzaron y se diferenciaron estadísticamente de el clon ECSP98-392 (3.3 bc) y de la variedad testigo Ragnar (3.17 c) que, al igual que en la Localidad 2, fue el tratamiento que menor altura obtuvo; lo que indica que la baja altura es una característica propia de la variedad Ragnar. El promedio general de la localidad 2 (3.7 m) fue mayor que el de la Localidad 1 (3.33 m).

Para la variable diámetro del tallo (cm), se observaron cuatro rangos de significación (a,b,c,d) en la Localidad 1, la variedad testigo Ragnar obtuvo el promedio más alto para esta variable (3.1 a), seguida de los clones ECSP98-425 (3.0 ab) y la variedad testigo PR67-1070 (3.0 ab), que fueron los dos únicos tratamientos que no fueron superados estadísticamente por la variedad Ragnar. En la localidad 2, la variedad testigo PR67-1070 presentó el promedio más alto (3.0 a), seguida de Ragnar (2.9 ab) y los clones ECSP98-419 (2.9 ab), ECSP98-425 (2.8 ab) y ECSP98-168 (2.8 ab). Estos cinco tratamientos superaron estadísticamente a los clones ECSP98-392 (2.4 c) y ECSP98-149 (2.4 c), que fueron los dos únicos que se ubicaron en el tercer rango de significación.

**Cuadro 2. Promedios de las variables evaluadas en ocho clones del Estado IV serie 98 y dos variedades testigo sembradas en dos localidades del Ingenio San Carlos, Ecuador. Ciclo 2002 – 2003.**

Clon	Germinación (%)		Población a la cosecha (tallos/m)		Altura de planta a la cosecha (m)		Diámetro del tallo (cm)		Producción de caña (TCH)		Rendimiento (Kg. A. TC.)		Producción de azúcar (kg/ha)
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	
1	52.6 ab	52.8 a	7.7 ab	7.4 ab	3.10 ab	3.60 ab	2.7 bc	2.9 ab	62.7	81.4	41.0 b	82.0 bc	2.6 b
2	54.6 a	50.5 a	9.0 ab	7.3 ab	3.10 ab	3.30 bc	2.5 cd	2.4 c	59.3	68.1	93.7 a	105.4 a	5.5 ab
3	47.3 bcd	51.6 a	7.0 b	7.4 ab	3.23 ab	3.67 ab	3.0 ab	2.8 ab	69.9	90.1	73.0 a	97.5 abc	5.1 ab
4	51.0 abc	49.1 a	10.7 a	7.6 ab	3.70 a	3.90 a	2.5 cd	2.4 c	93	71.1	73.9 a	84.0 abc	6.9 a
5	44.0 cd	47.1 a	8.1 ab	8.5 ab	3.70 a	3.87 a	2.4 cd	2.6 bc	87.2	91.8	90.9 a	101.6 ab	7.8 a
6	32.1 e	27.7 b	6.6 b	6.3 b	3.43 ab	4.00 a	2.7 bc	2.8 ab	69.9	78	88.3 a	95.1 abc	4.8 ab
7	50.2 abc	-	9.7 ab	-	3.73 a	-	2.2 d	-	54.6	-	88.1 a	-	7.5 a
8	42.5 d	53.0 a	7.5 b	9.6 a	3.47 ab	3.80 a	2.6 cd	2.6 bc	71.1	92.4	87.6 a	101.5 ab	6.3 ab
9	44.0 cd	52.0 a	7.9 ab	8.7 ab	2.47 b	3.17 c	3.1 a	2.9 ab	65.4	88.8	73.2 a	99.6 ab	4.8 ab
10	52.5 ab	51.0 a	7.3 b	6.4 b	3.37 ab	3.97 a	3.0 ab	3.0 a	83.2	86.4	83.1 a	76.7 c	6.9 a
11	47.1	48.3	8.2	7.7	3.33	3.70	2.7	2.7	73.1	83.1	79.3	93.7	5.8
12	**	**	**	*	*	**	**	**	ns	ns	**	**	**
13	5.1	8.3	13.0	13.3	11.5	4.0	4.3	4.6	20.1	15	12	8.1	21.9

Promedios seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.. (\*): significativo al 5 % de probabilidad. (\*\*): significativo al 1 % de probabilidad. (ns): no significativo

**Cuadro 3. Promedio combinado de las dos localidades para la producción de caña (TCH), el rendimiento azucarero (kg/az./t) y la producción de azúcar (TAH) de siete clones y dos testigos evaluados en el Ingenio San Carlos, Ecuador. Ciclo 2002 – 2003.**

Tratamiento (1)	Producción de caña (TCH)	Rendimiento azucarero (kg/az./t)	Producción de azúcar (TAH)
ECSP98-419	82.1	61.5 d	4.6 b
ECSP98-392	63.7	99.5 a	6.3 ab
ECSP98-425	80.0	85.2 abc	6.9 ab
ECSP98-149	82.1	78.9 c	6.4 ab
ECSP98-169	89.5	96.2 ab	8.6 a
ECSP98-168	66.3	91.6 abc	6.1 ab
ECSP98-499	81.8	94.6 abc	7.8 a
Ragnar	77.1	86.4 abc	6.9 ab



Tratamiento (1)	Producción de caña (TCH)	Rendimiento azucarero (kg/az./t)	Producción de azúcar (TAH)
PR67-1070	84.8	79.9 bc	6.8 ab
<b>Localidad (2)</b>			
1	71.8 b	78.3 b	5.6 b
2	83.1 a	93.7 a	7.8 a
Promedio general	77.5	86.0	6.7
Interacción tratamiento x localidad	ns	**	*
C.V (%)	18.2	10.2	21.8

(1) Promedios seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. (2) Rangos obtenidos por prueba de DMS al 5 % de probabilidad.

(ns): no significativo. (\*) significativo al 5 % de probabilidad. (\*\*) significativo al 1 % de probabilidad.

## **CONCLUSIONES**

- No existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la producción de caña por hectárea (TCH) en el análisis individual de cada localidad y en el análisis combinado de las dos localidades..
- La producción de caña por hectárea (TCH) en la Localidad 2 (83.1 a), fue significativamente superior a la producción alcanzada en la Localidad 1 (71.8 b).
- No existió significación estadística para la interacción tratamiento x localidad en la producción de caña por hectárea (tch).
- El clon ECSP98-392 alcanzó el mejor promedio para el rendimiento azucarero (kg/az./t) en ambas localidades (L1: 93.7 a. L2: 105.4 a). En la Localidad 1 solo fue significativamente superior al clon ECSP98-419 (41.0 b), mientras que en la Localidad 2 superó estadísticamente a este mismo clon (82.0 bc) y a la variedad testigo PR67-1070 (76.7 c).
- El rendimiento azucarero (kg/az./t) fue significativamente superior en la Localidad 2 (93.7 a) comparado con el rendimiento obtenido en la Localidad 1 (78.3 b). Así mismo, el análisis de varianza mostró que la interacción tratamiento x localidad fue significativa al 1 %, indicando que los clones se comportan de manera diferentes en cada localidad.
- Para producción de azúcar por hectárea (TAH) en la Localidad 1, el clon ECSP98-169 (7.8 a) alcanzó el mejor promedio, sin embargo solo se diferenció estadísticamente del clon ECSP98-419 (2.6 b). En la Localidad 2 no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.
- La producción de azúcar por hectárea (TAH) fue significativamente superior en la Localidad 2 (7.8

a) que en la Localidad 1 (5.6 b). Así mismo, el análisis de varianza mostró, que para esta variable existió significación estadística al 5 % de probabilidad para la interacción tratamiento x localidad.

- Las características del suelo de la Localidad 2 son mejores para el cultivo de los clones de caña de azúcar evaluados, solamente la variedad PR67-1070 obtuvo mejor producción de azúcar en la Localidad 1 que en la Localidad 2.
- Entre los clones evaluados, existen alternativas para diversificar las variedades del área cañera de la costa ecuatoriana.

## **REFERENCIAS**

1. O. Núñez, "Evaluación de ocho clones nacionales de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) bajo dos tipos de suelo en el Ingenio San Carlos" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2004)
2. Memorias del Curso El Cultivo de la Caña de Azúcar en el Ecuador, Guayaquil, mayo 2003. "Variedades de Caña de Azúcar en Ecuador" por R. Castillo. AETA. pp. 14 – 30.
3. R. Castillo y E. Silva. "Evaluación de 11 Variedades de Caña de Azúcar en la Zona Azucarera del Ecuador". Carta Informativa del CINCAE Año 3 No. 6 (nov – dic 2001). pp 2 - 5.
4. R. Castillo. "Obtención de nuevas variedades de caña de azúcar para el Ecuador" , Carta Informativa del CINCAE Año 1 No. 6. (sep – oct, 1999), pp 1 - 6.