

**Determinación de la afinidad entre las variedades de caña de azúcar (*Sacharum* spp.) Q 96 y B 74-132 mediante el uso de marcadores moleculares de polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados de ADN o AFLP.**

Erick Chavarría Soto<sup>1</sup>; Marco A. Chaves Solera<sup>2</sup>

### Resumen

La necesidad de identificar y desarrollar nuevas variedades caña (*Saccharum* spp.) superiores a las tradicionales representa una labor continua dentro el sector azucarero costarricense, para lo cual DIECA cuenta con un calificado y efectivo Programa de Variedades que opera por las vías de la introducción de clones extranjeros y el cruzamiento de materiales con alto potencial genético. El manejo y manipulación del germoplasma en un país como Costa Rica con 6 regiones diferentes entre sí, puede generar situaciones de confusión de clones y/o de pérdida de identidad de las variedades por el uso de regionalismos o sobrenombres con las que se suelen identificar popularmente. Desde hace varios años técnicos y productores de la región de Guanacaste han manifestado la probable similitud fenotípica entre dos reconocidas variedades de uso comercial en la región, y que están perfectamente individualizadas por su sigla, lo cual determina la necesidad de explicar su semejanza para evitar más confusiones innecesarias. Utilizando la técnica de AFLP se analizó material genético de ambas variedades y se logró determinar que los clones identificados en Costa Rica como Q 96 y B74-132 son exactamente el mismo. No fue posible determinar la identidad genética de los clones evaluados por no tener disponible el control original de referencia de ambos, pero sí se logró determinar que ambos tienen una afinidad del 100%.

### Introducción

La necesidad de identificar y liberar nuevas y mejores variedades comerciales de caña de azúcar que sustituyan las sembradas y de relativa tradición, representa una labor que de manera permanente el sector azucarero costarricense mantiene vigente, para lo cual DIECA cuenta con un calificado y efectivo Programa de Variedades que opera por dos vías muy específicas: a) introducción de clones del exterior (asexual), y b) cruzamiento de materiales con alto potencial genético (sexual), cuyos híbridos se reconocen mundialmente por la sigla LAICA.

Esta labor de alta sensibilidad y profundo contenido técnico conduce y provoca sin embargo tres situaciones conocidas: 1) el deseo de agilizar y adelantar procesos sistemáticos de evaluación de adaptación, fitosanidad y valor productivo agroindustrial con el objeto de ganar tiempo; 2) acceder a criterios de prueba – error sin manejo ni criterio técnico para valorar potenciales comerciales en el campo, y 3) simple error, descuido o confusión en la identificación de una variedad. En el primer caso se procura ganar tiempo considerado valioso, incrementando sin embargo el riesgo de que un clon no cumpla ni satisfaga elementos básicos de comportamiento en el campo, abriendo con ello la posibilidad a la presencia de problemas futuros de inadaptación o sensibilidad a plagas y enfermedades, por valoración insuficiente por incumplimiento de las fases sistemáticas de evaluación protocolariamente requeridas y que aportan certeza a su comportamiento agroindustrial. El segundo caso es el más preocupante y de graves consecuencias; acontece cuando personas sin formación técnica o interés de seguir criterios metodológicos aceptados, simplemente toman de alguna prueba experimental un material vegetativo que les agradó y lo

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)*, *Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Programa de Fitosanidad, Área de Fitopatología. E – mail: [echavarría@laica.co.cr](mailto:echavarría@laica.co.cr). Teléfonos: (506) 2494-1129, (506) 2494-2955, (506) 2494-4451, (506) 2494-7555.

<sup>2</sup> M. Sc. en Ingeniería Agronómica, gerente del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)*, *Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. E – mail: [mchavez@laica.co.cr](mailto:mchavez@laica.co.cr). Teléfonos: (506) 2494-1129, (506) 2494-2955, (506) 2494-4451, (506) 2494-7555.

reproducen vegetativamente sin control alguno, desconociendo el valor e importancia de su identidad. La tercera situación es al final similar a la anterior y conduce a la pérdida de identificación del clon.

Esta situación ha generado serios inconvenientes productivos cuando un clon sin identificación y certeza de su sigla de origen, por diferentes circunstancias adquiere uso y relevancia comercial, lo cual conduce al reconocimiento mediante nombres propios o regionalismos, colocados sin criterio técnico que pueda contribuir a su trazabilidad y referenciación por antecedentes para efectos productivos y fitosanitarios. Un caso grave de esta naturaleza aconteció con la variedad conocida y nombrada como "SABORIANA", cultivada ampliamente por muchos años en la Región Norte, donde llegó a ocupar los primeros lugares de siembra de la región. Su sigla de origen es desconocido y adquirió ese nombre de un productor apellidado Saborío que la adquirió de un experimento y la reprodujo posteriormente.

Hay que reconocer sin embargo que es común que las variedades adquieran nombres surgidos en regionalismos y calificativos por particularidades, como aconteció con las reconocidas "cañas nobles" en referencia a variedades dotadas con atributos muy especiales; también la "caña hueso" por su extrema dureza al corte en referencia a la Co 617; o la "caña india o blanca" citando la Co 281 (Chaves 1997, 2010, 2012). El título de "La Reina" en atribución a su excelencia agroindustrial a la recordada B43-62 tampoco es desconocido; como también el de "caña peluda" en referencia a la H44-3098, es otro buen ejemplo.

Desde hace varios años algunos técnicos y productores de la región cañera de Guanacaste han venido manifestando y señalando con preocupación, la presunta similitud fenotípica que existe entre dos reconocidas variedades de uso comercial en esa zona que están perfectamente individualizadas por su sigla, lo cual determina la necesidad de explicar su semejanza para evitar más confusiones innecesarias.

Los objetivos principales procurados por el estudio realizado fueron los siguientes:

- 1) Valorar la efectividad para el fin pretendido de la prueba de laboratorio mediante uso de marcadores moleculares de polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados de ADN o AFLP.
- 2) Determinar el recorrido histórico y antecedentes de cultivo de las variedades B74-132 y Q 96 en Costa Rica.
- 3) Verificar y concluir respecto a la similitud genética existente entre las variedades comerciales Q 96 y B74-132, lo cual no implica de manera alguna, identificar alguno de los clones en particular, pues se carece del patrón genético referente requerido para ese fin.

Dándole seguimiento y trazabilidad a la presencia de ambos clones en el ámbito cañero nacional, surgen algunos indicadores importantes de mencionar y que aportan elementos valiosos para dilucidar la duda existente sobre su presunta similitud. Al revisar antecedentes sobre el ingreso de los clones al país, reporta Chaves (1995a) que en el año 1975 ingresaron al país 37 clones procedentes de Barbados pertenecientes a la serie 74 (B74); indicando que en 1980 se dio una reposición de la misma serie por pérdida de materiales. Se infiere por tanto que en ese grupo posiblemente ingresó dicho clon. Cabe mencionar que el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), mantuvo vigente y muy activo por muchos años, un Convenio con Barbados que le permitía la adquisición y uso comercial de clones de ese origen, por lo cual todos los años se recibían materiales que eran evaluados en el país. La introducción de la variedad Q 96 tiene reportada como fecha de ingreso al país el año 1979, por lo cual es posterior.

Los informes sobre los clones Q 96 y B74-132 son muy escasos antes del año 1990. Una revisión de resultados de investigación a partir de los Informes Técnicos de Labores de DIECA, reporta la presencia de Q 96 a partir de 1984, denunciando su introducción y siembra en el Banco de Germoplasma de la Estación Experimental Enrique Jiménez Nuñez del MAG el 21 de marzo (Díaz y Alpízar 1985); la B74-132 se nombra por su parte hasta 1987 (DIECA 1988) y califica en 1989 como un clon de alto rendimiento por su concentración de sacarosa (DIECA 1990a). Rodríguez (1988) reporta en 1987 la Q 96 como promisoría en Guanacaste y Turrialba, y de empleo comercial en San Carlos y el Valle Central. Subiros (1987) calificó la Q 96 como prometedora luego de evaluar en Azucarera El Viejo, Guanacaste, 57

clones seleccionados a partir de una introducción inicial de 200 materiales. La B74-132 no aparece mencionada ni destaca como promisorio en dichas pruebas, lo que si sucede en los estudios realizados por Angulo y Durán (1993) en Cañas, y Rodríguez y Chacón (1993) en un Vertisol de Liberia, Guanacaste, pese a lo cual sus índices de productividad agroindustrial fueron limitados.

Al plantear recomendaciones técnicas regionales, DIECA (1990b) sugiere el cultivo de la variedad Q 96 en la zona baja, media y alta de San Carlos y la sección media de Turrialba; se nombra asimismo al mismo clon como comercial en la zona media del Valle Central. Destaca el hecho que la B74-132 se cita sembrada comercialmente en suelos livianos de Guanacaste, donde Q 96 apenas se nombra como recomendada sin pasar aún a comercial. Chaves y Aguilar (1991) recomiendan por su parte la Q 96 para su cultivo comercial en Grecia, Guanacaste y Puntarenas; citando la B74-132 apenas como promisorio.

En referencia a Q 96 anotan Chaves y Aguilar (1991) y refrenda el MAG (1991), que *“Q 96: Variedad originaria de Australia. Es un clon que se desarrolla muy bien en suelos de textura liviana y alta fertilidad. Con riego tiene excelente desarrollo y macollamiento. Esta variedad es de maduración intermedia, de alto rendimiento, alto contenido de sacarosa y tolerante a la roya y el carbón. Es recomendada para las zonas de Grecia (800 msnm), Guanacaste y Puntarenas.”* Es interesante indicar que precisamente los atributos y requerimientos de la Q 96 son muy similares a los de B74-132, puesto que este clon es exigente y adapta bien en condiciones de suelos francos de alta fertilidad y con disponibilidad de riego; además de que ofrece limitaciones a la cosecha mecánica debido a su tendencia al crecimiento abierto y volcamiento de sus tallos, todo lo cual resulta muy sugestivo sobre su similitud.

Sólo como referencia importante por las posibles vinculaciones y confusiones que pudieron suceder, cabe anotar que a inicios de la década de los años 80, surgió en el país y particularmente en la zona baja, la variedad B54-142 como promisorio.

De acuerdo con Chaves (1995a), tanto la Q 96 como la B74-132 adquieren importancia comercial virtud del área sembrada luego del año 1990. El Cuadro 1 detalla la dinámica de siembra que han mantenido ambas variedades con base en los reportes de los ocho Censos Cañeros realizados por DIECA en el país entre los años 1986 y 2013 (Vargas 1986; Chaves 1995b, 1999ab, 2010, 2012; Chaves *et al* 1999, 2001, 2004, 2008, 2011, 2014). Es válido anotar que el Censo del año 1986 no hace mención del cultivo de ninguna de las dos variedades con relevancia comercial, siendo la primera citación hasta 1994, cuando ya la Q 96 era muy importante y representaba el 11,7% del área nacional, lo que hace entrever que su adaptación y aceptación fue máxima. La B74-132 por el contrario, creció a un ritmo importante pero en magnitud muy distante y de impacto inferior en relación a la anterior.

No hay duda en reconocer la gran diferencia existente en la dinámica de cultivo seguida históricamente por parte de los dos clones, en cuanto a su representatividad y grado de impacto productivo nacional; manteniendo la Q 96 amplia supremacía, contando en en los últimos 25 años un área de siembra superior a las 2.000 hectáreas (ha) ubicada entre el 11,7% y el 3,8% del total del área cañera nacional. La B74-132 por su parte, ha reportado áreas sembradas entre 1.000 y 362 ha para una representatividad nacional del 2,3% y el 0,68%. Los mejores periodos de auge para las variedades fueron 1994 para la Q 96 cuando se sembró en 5.194 ha (11,7%) y el 2000 para la B74-132 con 1.085 ha (2,3%).

Cuadro 1.  
 Dinámica de cultivo comercial de las variedades según periodo evaluado.

Periodo censado	Q 96		B 74-132		Total nacional muestreado (has)
	has	%	has	%	
1986	NC	-	NC	-	33.628,10
1994	5.193,86	11,67	636,28	1,43	44.485,12
1998	3.507,30	9,73	705,80	1,96	36.059,50
2000	3.272,83	7,01	1.085,12	2,32	46.696,42
2003	2.054,87	4,61	845,98	1,90	44.529,55
2007	2.037,78	3,81	362,60	0,68	53.503,00
2010	2.868,83	5,41	384,47	0,73	53.030,22
2013	2.358,98	4,03	398,77	0,68	58.560,29

Los periodos corresponden a los años en que se realizaron Censos Nacionales de Variedades Sembradas.  
 NC= No aparece citada.

Una valoración más específica explica y demuestra las diferencias en cuanto a magnitud y distribución del área cultivada de las variedades dentro del ámbito nacional. El Cuadro 2 detalla según zona y región cual ha sido la dinámica de siembra de ambas variedades, quedando demostrado lo siguiente: a) una amplia dispersión de siembra de la Q 96 por todo el país; b) selectividad y exclusividad de cultivo de la B 74-132 en la región del Pacífico Seco (Guanacaste + Pacífico Central); c) desinterés comercial por la B 74-132 en otras regiones cañeras del país; d) pérdida sistemática de interés comercial de ambas variedades luego del año 2003; e) una relativa menor relevancia de la Q 96 en Guanacaste respecto a otras regiones cañeras; f) la mayor concentración de cultivo de la B 74-132 se ha por antecedente dado en la Zona Este de Guanacaste (Cañas, Bagaces y Abangares) y muy particularmente en el Ingenio Taboga, donde aún se mantiene su interés comercial.

El reconocimiento a la Q 96 virtud de sus propiedades y atributos positivos le es reconocida desde hace mucho tiempo, como señalaron Chaves *et al* con base en los resultados del Censo realizado en el año 2007, al expresar que “... hay 2 variedades que particularmente mostraron una amplia aceptación y una gran ‘popularidad’ por parte de los agricultores nacionales de caña de azúcar, manteniendo Q 96 el mejor nivel al cultivarse en 16 cantones de los 29 evaluados; así como en 41 distritos de los 95 muestreados para una representatividad del 55,2% y el 43,2%, respectivamente, lo que es bastante significativo.”

“Esa alta predilección de la Q 96 es conocida, pues en los Censos Cañeros realizados en los años 2000 y 2003 también calificó como la de mayor ‘popularidad y aceptación’, como la calificarán los autores del estudio.” (Chaves *et al* 2001; 2004).

Resulta destacable y muy sugestivo reiterar que la B74-132 no reporta siembras comerciales en otras regiones ajenas al Pacífico Seco (<400 msnm), existiendo solo una indicación de cultivo de 3,5 has en el Valle Central en el año 2003, propiamente en el distrito de Ángeles de San Ramón (Chaves *et al* 2004), donde fue evaluada sin mostrar la adaptabilidad y excelencia necesarias que le favorecieran crecer y adaptarse en área de siembra. Pareciera entonces válido reconocer con bastante certeza que la confusión de identidad de las variedades aconteció en la región de Guanacaste.

Procurando contar con más elementos que ubiquen la importancia de los clones y permitan realizar mejores inferencias, se adjunta el Cuadro 3 donde se anota la significancia y representatividad del área de cultivo dentro de

*VI Congreso Tecnológico del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)  
Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)  
20 y 21 de agosto del 2015. Salón de Asambleas de CoopeVictoria R. L., Grecia.  
Alajuela, Costa Rica.*

sus zonas de influencia, propiamente Guanacaste, el Pacífico Central y el Pacífico Seco como un todo, lo cual es realmente muy revelador. El mayor impacto regional lo mostró Q 96 en Guanacaste en el año 1994 con una significancia del 20,5% del total de caña sembrada en el lugar; B74-132 lo observó en el 2003 con un 8,96%. Se ratifica la importancia de los clones antes del 2003 en esas localidades, siendo su tendencia posterior hacia la reducción del área cultivada, sobre todo en el caso de la Q 96; en tanto que la B74-132 se mantiene en un área de siembra muy estable ubicada luego del 2003 entre 360 y 400 ha.

**Cuadro 2.**  
**Área sembrada de las variedades Q 96 y B74-132 en Costa Rica por región y año. Periodo 1986-2013.**

Región	Variedades sembradas según año y porcentaje de siembra														
	Variedad	1994		1998		2000		2003		2007		2010		2013	
		has	%*	has	%*	has	%*	has	%*	has	%*	has	%*	has	%*
Guanacaste	Q 96	428,30	0,96	289,90	0,80	316,80	0,68	102,50	0,23	104,50	0,20	64,10	0,12	21,00	0,04
(Este)	B 74-132	374,30	0,84	647,90	1,80	669,30	1,43	238,60	0,54	299,80	0,56	368,20	0,69	346,00	0,59
	Subtotal	802,60	1,80	937,80	2,60	986,10	2,11	341,10	0,77	404,30	0,76	432,30	0,81	367,00	0,63
Guanacaste	Q 96	227,70	0,51	845,90	2,35	856,90	1,83	220,30	0,49	1,40	0,00	-	-	6,50	0,010
(Oeste)	B 74-132	130,50	0,29	11,80	0,03	2,80	0,01	3,00	0,01	-	-	-	-	52,30	0,09
	Subtotal	358,20	0,80	857,70	2,38	859,70	1,84	223,30	0,50	1,40	0,00	-	-	58,80	0,10
Guanacaste	Q 96	656,00	1,47	1.135,80	3,15	1.173,70	2,51	322,80	0,72	105,80	0,20	64,10	0,12	27,50	0,05
Total	B 74-132	504,80	1,13	659,70	1,83	672,10	1,44	241,60	0,54	299,80	0,56	368,20	0,69	398,30	0,68
(Este + Oeste)	Subtotal	1.160,80	2,61	1.795,50	4,98	1.845,80	3,95	564,40	1,27	405,60	0,76	432,30	0,81	425,80	0,73
Pacífico Central	Q 96	1.270,80	2,86	468,40	1,30	291,60	0,62	27,00	0,06	14,00	0,03	11,00	0,02	-	-
	B 74-132	131,50	0,30	46,10	0,13	413,00	0,88	600,90	1,35	62,80	0,12	16,20	0,03	0,45	0,0010
	Subtotal	1.402,30	3,15	514,50	1,43	704,60	1,51	627,90	1,41	76,80	0,15	27,20	0,05	0,45	0,0010
Valle Central	Q 96	1.380,20	3,10	335,00	0,93	399,10	0,85	521,70	1,17	579,30	1,08	516,00	0,97	379,40	0,65
	B 74-132	-	-	-	-	-	-	3,50	0,010	-	-	-	-	-	-
	Subtotal	1.380,20	3,10	335,00	0,93	399,10	0,85	525,20	1,18	579,30	1,08	516,00	0,97	379,40	0,65
Zona Norte	Q 96	1.088,20	2,45	830,00	2,30	753,30	1,61	879,10	1,97	1.153,20	2,15	560,40	1,06	496,40	0,85
	B 74-132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Subtotal	1.088,20	2,45	830,00	2,30	753,30	1,61	879,10	1,97	1.153,20	2,15	560,40	1,06	496,40	0,85
Turrialba	Q 96	791,60	1,78	722,40	2,00	618,70	1,32	283,30	0,64	149,80	0,28	43,20	0,08	44,90	0,08
Juan Viñas	B 74-132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Subtotal	791,60	1,78	722,40	2,00	618,70	1,32	283,30	0,64	149,80	0,28	43,20	0,08	44,90	0,08
Zona Sur	Q 96	7,00	0,02	15,70	0,04	36,40	0,08	20,90	0,05	35,50	0,07	1.674,20	3,16	1.410,80	2,41
	B 74-132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Subtotal	7,00	0,02	15,70	0,04	36,40	0,08	20,90	0,05	35,50	0,07	1.674,20	3,16	1.410,80	2,41
Total Nacional	Q 96	5.193,90	11,67	3.507,30	9,73	3.272,80	7,01	2.054,90	4,61	2.037,80	3,81	2.868,80	5,41	2.359,00	4,03
	B 74-132	636,30	1,43	705,80	1,96	1.085,10	2,32	846,00	1,90	362,60	0,68	384,50	0,72	398,80	0,68
	Subtotal	5.830,20	13,10	4.213,10	11,68	4.357,90	9,33	2.900,90	6,51	2.400,40	4,49	3.253,30	6,13	2.757,80	4,71
	Nacional	44.485,10	100,00	36.059,50	100,00	46.696,40	100,00	44.529,50	100,00	53.503,00	100,00	53.030,20	100,00	58.560,30	100,00

\*%= Se refiere al porcentaje en proporción a la totalidad del área muestreada en el país según periodo. En el año 1986 no aparecen clones nombrados como sembrados comercialmente.

Cuadro 3.  
 Porcentaje de representatividad regional de los clones evaluados en la zona baja.

Región	Clon	Censo						
		1994	1998	2000	2003	2007	2010	2013
Guanacaste	Q 96	3,34	6,04	4,71	1,29	0,36	0,21	0,08
	B 74-132	2,57	3,51	2,70	0,96	1,02	1,21	1,15
Pacífico Central	Q 96	20,55	8,07	4,31	0,40	0,20	0,22	-
	B 74-132	2,13	0,79	6,10	8,96	0,92	0,32	0,01
Pacífico Seco*	Q 96	7,46	4,62	4,62	1,10	0,33	0,21	0,07
	B 74-132	2,46	2,87	3,43	2,64	1,00	1,08	0,98

\*Pacífico Seco = Guanacaste + Pacífico Central (<400 msnm).

### Caracterización de la variedad Q 96

Seguidamente se transcriben las características biofísicas y atributos más relevantes que tipifican la variedad Q 96 (Durán A., J.R.; Oviedo A., M. 2012; Aponte Q., F.A.; Durán A., J.R.; Riggioni C., J.G. 1994).

Q 96

Progenitores: Q 63 x Q 68

#### Características Botánicas

*Esta variedad es originaria de Queensland, Australia, y se caracteriza por ser de porte semiabierto a abierto con tallos de color morado cuando están expuestos al sol y verde amarillo con incrustaciones marrón cuando no está expuesto, el alineamiento del tallo es de un leve zigzag y el diámetro es medio.*

*El entrenudo es de forma cilíndrica, longitud media, no presenta ranuras ni rajaduras, con regular cantidad de cera. Presenta depresión de la yema con profundidad media y longitud larga, el anillo de crecimiento es medio, la región radicular al lado de la yema es media y al lado opuesto es estrecha.*

*La yema es de tamaño medio y forma ovalada angosta con alas. El palmito es medio, la vaina es de color verde amarillo y presenta cera y pelo en forma regular. La hoja es media con una longitud media y color verde amarillo, con margen aserrado poco agresivo y curvado cerca de la punta. Presenta aurícula en los dos lados con forma transitoria.*



Figura 1.

Sección del tallo de la variedad Q 96 que muestra características anatómicas como la yema lateral, el canal de la yema, la banda de raíces, la banda de cera y la cicatriz foliar (foto tomada de Durán *et al*, 2009)

#### *Características Agroindustriales*

*Esta variedad tiene bastantes años de haber ingresado a Costa Rica y ha sido una de las pocas variedades que se ha adaptado en todas las regiones cañeras del país. En la Región Sur ha mostrado buena adaptación, sin embargo no se había ampliado su siembra debido a lo difícil que había sido superar y desplazar a la variedad SP 71-5574.*

*En el año 1997 se estableció un ensayo en esta región del país y una de las variedades que se evaluó fue la Q 96. Luego de cuatro cosechas el rendimiento promedio obtenido con esta variedad a nivel experimental fue de 97 toneladas de caña por hectárea, 142 kilogramos de azúcar por tonelada y 13,8 toneladas de azúcar por hectárea, tal y como se puede apreciar en la Figura 11. Estos resultados, así como la opinión positiva de algunos productores que han cultivado esta variedad en Pérez Zeledón durante varios años, hacen que la variedad Q 96 sea actualmente una de las alternativas que se tienen para sustituir a la SP 71-5574.*

*La curva de concentración de azúcar que se le ha hecho demuestra que es una variedad muy azucarera, alcanzando su mayor madurez de la mitad a finales de la zafra con rendimientos que pueden llegar hasta los 150 kilogramos de azúcar por tonelada. La floración puede variar desde 0 a 50% dependiendo de las condiciones. Ha mostrado una alta tolerancia y resistencia a las principales enfermedades presentes en la región sur, incluida la roya naranja. Preferiblemente esta variedad se debería sembrar en aquellos suelos de mayor fertilidad y humedad de la*

región ya que es de una exigencia media a alta en cuanto a manejo y nutrición.

El hecho de no contar con la información correspondiente a la variedad B74-132 impide la posibilidad de realizar una comparación entre ambos clones.

### Metodología

Para la comparación se escogió hacer el análisis en la hoja +1 o TVD y se tomaron 5 muestras compuestas por 5 hojas de caña adulta de ambas variedades. La muestra de B74-132 se tomó de una parcela del Banco de Germoplasma ubicado en los terrenos de la Universidad Técnica Nacional (UTN), ubicada en el distrito de Poroza, Cañas, Guanacaste; la muestra de Q 96 se tomó de una plantación comercial ubicada en la comunidad de Rincón de Salas, distrito de Puente de Piedra, Grecia, Alajuela. Las muestras fueron procesadas para su análisis en el Centro de Investigaciones en Biología Celular y Molecular (CIBCM) de la Universidad de Costa Rica (UCR). El ADN se aisló por el método modificado del bromuro de cetil-trimetil amonio (CTAB) para AFLP's (Doyle y Doyle 1990). Los ácidos nucleicos totales se trataron con ARNasa a 10 µg/ml por 1 hora, se purificaron por fenol – cloroformo y se precipitaron con etanol, las lecturas de la concentración del ADN de las muestras se realizaron con un espectrofotómetro Nanodrop. El protocolo de AFLP's se siguió según lo descrito por Villalobos *et al* (2014). Se evaluaron un total de 11 combinaciones al azar entre las diferentes muestras que se numeraron de la 1 hasta la 10. Para realizar las comparaciones entre las diferentes combinaciones de muestras se utilizaron 12 imprimadores que se detallan en el Cuadro 2. Los fragmentos de AFLP se separaron en geles de poliacrilamida al 6% y urea 7M y se tiñeron con nitrato de plata. Los análisis de datos se realizaron con el programa GenAlEx versión 6.54 (Peakall y Smouse, 2006; Peakall y Smouse, 2012).

### Resultados

La extracción del ADN en ambas variedades fue exitosa utilizando el protocolo de Doyle y Doyle (1990), dando como resultado buena cantidad y calidad de material genético; las lecturas de la concentración del ADN de las muestras individuales para las dos variedades se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4

Cuantificación de ADN en muestras foliares de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) de las variedades Q 96 y B74-132.

Número de secuencia	Muestra	Variedad	Concentración ADN (ng/µl)	Absorbancia (261/280)
1	B1	B74-132	1.246	1,90
2	B2	B74-132	637	1,74
3	B3	B74-132	1.070	1,94
4	B4	B74-132	741	1,75
5	B5	B74-132	1.435	1,75
6	Q1	Q 96	1.471	1,80
7	Q2	Q 96	931	1,74
8	Q3	Q 96	1.189	1,89
9	Q4	Q 96	1.535	1,82
10	Q5	Q 96	1.608	1,87

La cantidad de bandas obtenidas para cada uno de los imprimadores se muestran en el Cuadro 5. Es importante hacer la observación de que la cantidad de bandas resultantes por combinación evaluada, fueron escasas en comparación a otros sistemas como café o banano. La Figura 2 muestra un ejemplo de los patrones de bandas obtenidas del análisis con 7 de los 12 imprimadores utilizados, sobre 7 comparaciones de 7 muestras en grupos de 4 por imprimador, en un gel de poliacrilamida/urea y teñido con nitrato de plata. En todos se observan de 17 a 24

bandas por combinación y la ausencia de bandas diferentes entre las muestras de cada línea de caña, sea B74-132 o Q96, lo que permite afirmar que todas las muestras corresponden al mismo material genético.

Cuadro 5

Imprimadores evaluados y número de bandas polimórficas obtenidas durante el análisis de muestras foliares de caña (*Saccharum* spp.) mediante AFLP's.

Número imprimador	Combinación de bases nitrogenadas	Cantidad de bandas polimórficas
1	E-AAC/M-CAG	19
2	E-AAC/M-CTG	10
3	E-AAG/M-CTA	23
4	E-AAG/M-CTG	11
5	E-ACC/M-CAG	ND
6	E-ACC/M-CTG	18
7	E-AAA/M-CAA	26
8	E-ACC/M-CCA	17
9	E-ACC/M-CAA	16
10	E-ACA/M-CCA	17
11	E-ACA/M-CTG	24
12	E-AGC/M-CTA	17

### Conclusiones

Con fundamento en lo anotado anteriormente puede concluirse lo siguiente:

- 1) No cabe duda en reconocer que tanto Q 96 como B 74-132 son variedades que por antecedente han tenido y mantienen aún, importancia como opciones de cultivo comercial.
- 2) La tecnología bioquímica empleada fue efectiva en determinar la afinidad y similitud genética existente entre las dos variedades evaluadas.
- 3) Con el resultado alcanzado no es posible determinar la identidad genética de los clones evaluados por carecer del patrón y referente genético original correspondiente, aunque sí la afinidad entre ambos.
- 4) De acuerdo con las pruebas de ADN realizadas a las muestras recolectadas, queda demostrado que la Q 96 y la B 74-132 son la misma variedad de caña de azúcar.
- 5) Resulta determinante enfatizar en el cuidado y responsabilidad que se debe tener en el manejo de materiales genéticos de caña de azúcar en el campo. Queda demostrado que para evitar situaciones de esta naturaleza, la agroindustria azucarera nacional debe extremar las medidas y protocolos de adquisición, asignación, liberación y recomendación de variedades para uso comercial.
- 6) El resultado obtenido se debe tomar como simple anotación del error de identidad incurrido hasta la fecha, pero se recomienda proceder con la debida corrección hacia futuro.
- 7) Queda planteado como tema interesante para el análisis futuro, la valoración del efecto subliminal inducido por el hecho de conocer de previo la identidad (sigla) de una variedad, lo cual pareciera predispone y habilita la aceptación o rechazo para uso comercial de una variedad.

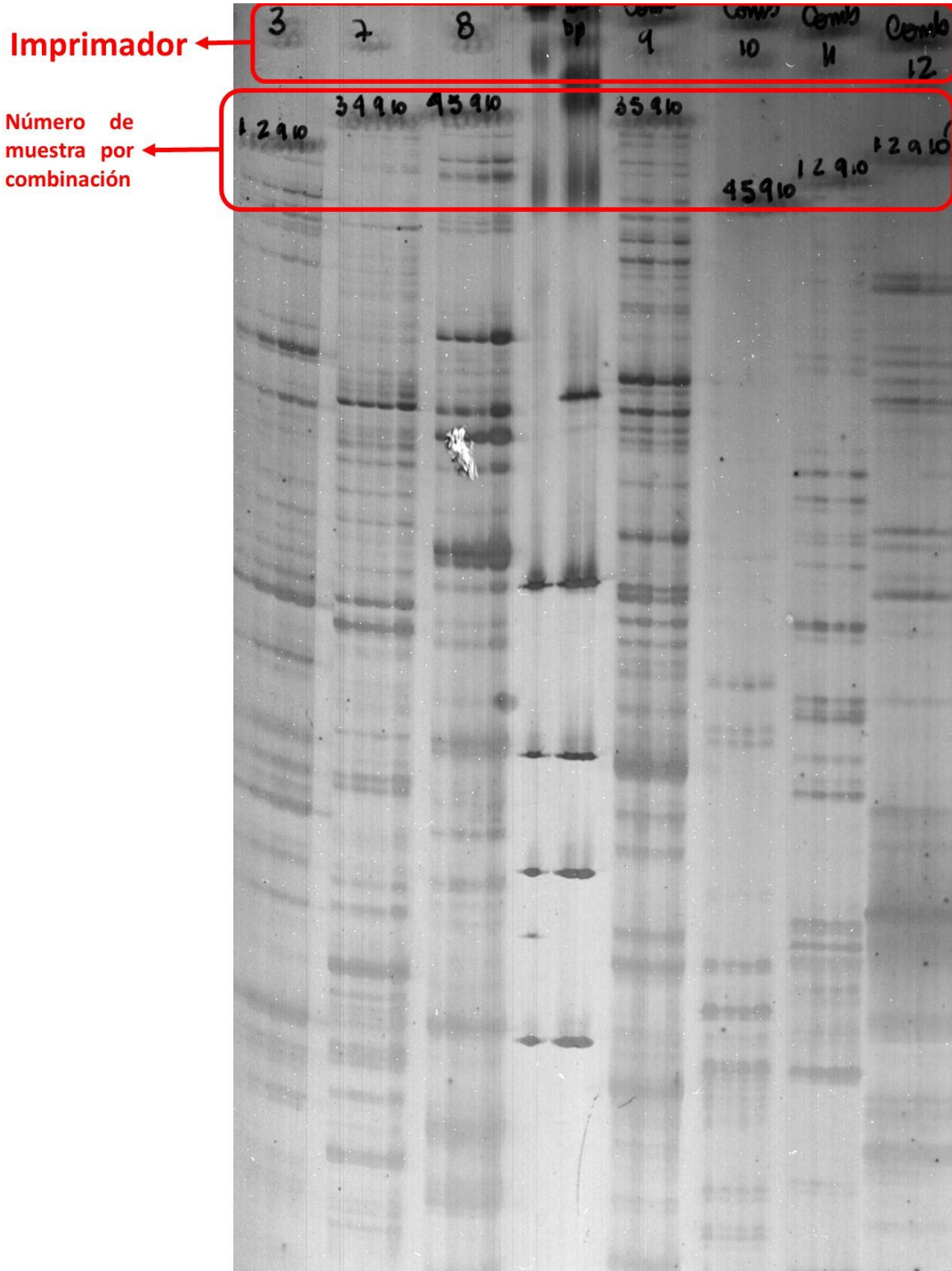


Figura 2

Ejemplo de las bandas obtenidas por electroforesis sobre gel de poliacrilamida 6% y urea 7 M, como resultado del análisis por AFLP de muestras foliares de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), utilizando un marcador molecular con un peso de 100 pb.

### Agradecimiento

Nuestro agradecimiento al Dr. Federico Albertazzi Castro y a la M. Sc. Heidy Villalobos Barrantes del Centro de Investigaciones en Biología Celular y Molecular de la Universidad de Costa Rica por su valiosa contribución a la realización de este estudio.

### Literatura Citada

- ÁNGULO, A.; DURÁN, J.R. 1993. Estudio comparativo de rendimiento agroindustrial de quince variedades de caña de azúcar en Cañas, Guanacaste. Promedio de dos cosechas. *In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales*, 9, San José, Costa Rica, 1993. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, octubre. Volumen II (1):28.
- APONTE, F. A.; DURÁN, J.R.; RIGGIONI, J.G. 1994. Catálogo de Variedades. San José, Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, Programa Mejoramiento Genético, agosto. 44 p.
- CHAVES, M. A. 1995a. Variedades de caña de azúcar de uso comercial en Costa Rica: *una sinopsis histórica*. *In: Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica*, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memorias. San José. DIECA, setiembre. p: 307-323.
- CHAVES, M. A. 1995b. Detalle comparativo de las variedades de caña de azúcar cultivadas actualmente en Costa Rica según área y región agrícola. *In: Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica*, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memorias. San José. DIECA, setiembre. p: 324-333.
- CHAVES, M. A. 1997. Resumen del desarrollo histórico de la caña de azúcar en Costa Rica. *In: Congreso de ATACORI "Roberto Mayorga C."*, 11, San Carlos, Costa Rica, 1997. Memoria. San José, ATACORI, octubre-noviembre. Tomo I p: 112-121.
- CHAVES, M. A. 1999a. Dinámica de siembra comercial de las principales variedades de caña de azúcar en Costa Rica, durante el período 1960-1999. *In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales*, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 247-248.
- CHAVES, M. A. 1999b. Dinámica varietal de los clones utilizados para realizar las siembras comerciales de caña de azúcar en Costa Rica, durante el período 1986-1998. *In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales*, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 241-242.
- CHAVES, M. A. 2010. Dinámica y evolución del cambio de variedades de caña de azúcar en Costa Rica. Grecia, Alajuela, Costa Rica, setiembre. Presentación Electrónica en Power Point. 115 Láminas.
- CHAVES, M. A.; AGUILAR, F. 1991. Caña de azúcar (*Saccharum* spp gramineae). San José, Costa Rica. CONITTA/MAG/UNED, Serie ITTA No. 4, San José. 33 p.
- CHAVES, M. A.; BERMÚDEZ, A. Z. 2012. Dinámica de cultivo comercial de las variedades de caña de azúcar en Costa Rica: *análisis histórico*. *In: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe (ATALAC)*, 8, y Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA), 9, Santiago

de Cali, Colombia, 2012. Memorias. Cali, Colombia, ATALAC/TECNICAÑA, setiembre 12 al 14, Centro de Eventos Valle del Pacífico. Tomo I Campo. p: 151-169.

CHAVES, M. A.; RODRÍGUEZ, M.; ALFARO, R.; RODRÍGUEZ, J. M.; VILLALOBOS, C.; BARRANTES, J. C.; ANGULO, A.; CALDERÓN, G. 1999. Actualidad de las variedades de caña de azúcar cultivadas comercialmente en Costa Rica durante 1998. *In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales*, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 243-244.

CHAVES, M. A.; RODRÍGUEZ, M.; VILLALOBOS, C.; ANGULO, A.; CALDERÓN, G.; ALFARO, R.; RODRÍGUEZ, J. M.; BARRANTES, J. C. 2001. Censo de variedades de caña de azúcar de Costa Rica año 2000. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, marzo. 87 p.

CHAVES, M. A.; RODRÍGUEZ, M.; ALFARO, R.; VILLALOBOS, C.; ANGULO, A.; BARRANTES, J. C.; CALDERÓN, G.; RODRÍGUEZ, J. M. 2004. Censo de variedades de caña de azúcar sembradas en Costa Rica año 2003. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, setiembre. 126 p.

CHAVES, M. A.; RODRÍGUEZ, M.; ANGULO, A.; VILLALOBOS, C.; BOLAÑOS, J.; BARRANTES, J. C.; ARAYA, A.; CALDERÓN, G. 2008. Censo de variedades de caña de azúcar sembradas en Costa Rica. Año 2007. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, marzo. 143 p.

CHAVES, M. A.; BARRANTES, J. C.; BOLAÑOS, J.; ANGULO, A.; RODRÍGUEZ, M.; VILLALOBOS, C.; CALDERÓN, G.; ARAYA, A. 2011. Censo de variedades de caña de azúcar de Costa Rica año 2010. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. 90 p.

CHAVES, M.; ANGULO, A.; BARRANTES, J. C.; RODRÍGUEZ, M.; BOLAÑOS P., J.; VILLALOBOS, C.; CALDERÓN, G.; ARAYA, A. 2014. Censo de variedades de caña de azúcar de Costa Rica año 2013. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. En fase de redacción.

DÍAZ, O.; ALPÍZAR, A. 1985. Región Guanacaste. *In: Informe Técnico Periodo 1984-1985*. San José, Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. p: 46-54.

DIECA. 1988. Informe Anual 1987. San José, Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. 78 p.

DIECA. 1990a. Informe Anual 1989. San José, Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. p: 85.

DIECA. 1990b. Recomendaciones técnicas para el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. San José, Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, agosto. 30 p.

DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12(1): 13-15.

DURÁN, J. R.; OVIEDO, M. 2012. Catálogo de variedades de caña de azúcar cultivadas en algunas regiones cañeras de Costa Rica. Grecia, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. 68 p.

MAG. 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. p: 21-42.

PEAKALL, R.; SMOUSE, P.E. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes*. 6, 288-295.

VI Congreso Tecnológico del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)  
Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)  
20 y 21 de agosto del 2015. Salón de Asambleas de CoopeVictoria R. L., Grecia.  
Alajuela, Costa Rica.

- PEAKALL, R.; SMOUSE, P.E. 2012. GenAEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics* 28, 2537-2539.
- RODRÍGUEZ, D. 1988. Variedades semi comerciales y promisorias en las cinco zonas cañeras del país. *In: Congreso DIECA, 1*, San José, Costa Rica, 1987. Memoria. San José, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 19 y 20 noviembre. p: 19-23.
- RODRÍGUEZ, M.; CHACÓN, M. 1993. Estudio comparativo agroindustrial de 24 clones de caña de azúcar cultivados en un suelo Vertisol de Liberia, Guanacaste. Promedio de tres cosechas. *In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 9*, San José, Costa Rica, 1993. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, octubre. Volumen II (1):60.
- SUBIRÓS, F. 1987. Evaluación agronómica e industrial de clones de caña de azúcar. *In: Congreso ATACORI "Ing. Álvaro Jenkins Morales", 3*, Guanacaste, Costa Rica, 1987. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), noviembre. p: 100-108.
- VARGAS, N. R. 1986. Encuesta sobre aspectos básicos de la agroindustria de la caña de azúcar en Costa Rica. Resultados obtenidos. San José, Costa Rica. DIECA. 51 p.
- VILLALOBOS-BARRANTES, H. M.; GARCÍA, E. G.; LOWE, A. J.; ALBERTAZZI, F. J. 2015. Genetic analysis of the dry forest timber tree *Sideroxylon capiri* in Costa Rica using AFLP. *Plant Systematics and Evolution*. 301: 15–23.