



ENTRE CAÑEROS



NÚMERO 6 OCTUBRE DEL 2016 Revista trimestral del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)





PRESENTACIÓN

Invitamos a nuestros lectores y seguidores a una edición más de Entre Cañeros esperando que sea de su agrado y contribuya a ampliar sus criterios en el ejercicio de las diferentes funciones que involucra la actividad azucarera en el segmento agrícola.

Nos presentamos en esta ocasión con una imagen renovada, alineada e integrada a la transformación corporativa que está llevando a cabo LAICA, manteniendo un ambiente agradable a la lectura, la comunicación y el intercambio de información.

Esta vez les presentamos información acerca de la gestión del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), en el tema de la distribución de los productos y servicios que brinda este departamento dentro de los múltiples campos de acción en los que se desenvuelve LAICA de manera integral.

En lo que al tema de variedades se refiere estamos incluyendo dos trabajos, uno que muestra los resultados obtenidos en una fase de selección en la Región Guanacaste y otro que describe dos variedades nacionales de la sigla "LAICA", recientemente liberadas para la

región del Valle Central y con mucho potencial productivo.

También incorporamos datos de suma importancia en lo que se refiere al uso, desempeño y comportamiento de un grupo importante de productos utilizados, o con potencial de ser utilizados como coadyuvantes en el combate de malas hierbas en el cultivo de la caña de azúcar, y que esperamos que esta información sea de mucha utilidad como referencia y en la práctica.

Al estar próxima la cosecha de las plantaciones, encontramos oportuno publicar los resultados de un interesante trabajo realizado por los técnicos de CoopeAgri R.L., donde se analizó el criterio del índice de madurez de la caña como dato de referencia para la toma de decisiones del momento adecuado para cosechar la caña de azúcar, un criterio sencillo, práctico, fácil de obtener en el campo sin necesidad de laboratorios o equipos sofisticados y poco utilizado por técnicos y productores.

Reiteramos nuestro agradecimiento por su interés y los incentivamos a que nos hagan llegar sus comentarios y críticas.

Ing. Agr. Erick Chavarría Soto.
Coordinador Comité Editorial.
E - mail: echavarría@laica.co.cr



Contenido

Presentación1

Venta de productos y servicios técnicos e ingresos generados por DIECA en su.....5

Eficacia de los coadyuvantes en el control químico de *Rottboellia cochinchinensis*.....15

Evaluación agroindustrial de 15 variedades de caña de azúcar en la Central Azucarera del Tempisque (CATSA), Guanacaste, Costa Rica, tres cosechas, año 2015.....27

Dos nuevas variedades de caña de azúcar recomendadas para la Región del Valle Central 42

Aplicación del índice de madurez de la caña como criterio de cosecha: Un método sencillo con fundamentos fisiológico y un enfoque práctico..... 51

Revista Entre Cañeros
Número 5, 30 de octubre del 2016.

Publicación técnica gratuita del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
Producida por la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar.
Avenida 15 y calle 3, Barrio Tournón.
San Francisco, Goicoechea.
10802 San José, Costa Rica.
www.laica.co.cr

Comité Editorial
Ing. Erick Chavarría Soto, coordinador.
Ing. Marco Chaves Solera.
Ing. José Daniel Salazar Blanco.
Ing. Julio César Barrantes Mora.

Diseño y Montaje:
Estudio Gráfico S. A.

En el Sector Cañero
Azucarero Costarricense
decimos:

NO
Trabajo
Infantil



¿Qué legislación existe en
Costa Rica, para proteger a los
niños y adolescentes?

- Constitución Política.
- Código de la Niñez y la Adolescencia
- Código de Trabajo
- Ley 8922 Prohibición del trabajo peligroso e insalubre para personas adolescentes trabajadoras.

¿Qué dice la legislación?

Trabajo Infantil (0-15 años)
Es Prohibido

- No permite que los niños se desarrollen física, emocional y psicológicamente.
- Les puede causar enfermedades, lesiones o deterioro en la salud.
- Causa bajo rendimiento o abandono de la educación.

Trabajo adolescente (15-17 años)
Permitido con regulaciones

- Se le debe facilitar al adolescente el espacio para estudiar y asistir al centro educativo.
- Se le deben dar las mismas garantías como remuneración y vacaciones que a una persona adulta.
- La jornada no puede ser mayor a 6 horas diarias ni 36 semanales.
- No pueden realizar trabajo nocturno ni trabajos peligrosos, como:
- Estar en espacios insalubres con altas temperaturas, espacios cerrados, alturas peligrosas o estar bajo tierra.
- Utilizar herramientas o maquinaria peligrosa.
- Levantar peso mayor a 15 kg los hombres y 10 kg las mujeres.





Sección Editorial*

Venta de productos y servicios técnicos e ingresos generados por DIECA en su gestión operativa institucional

Marco A. Chaves Solera¹

Introducción

El Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), es conocido principalmente por su labor ordinaria desarrollada en esas dos importantes áreas de gestión institucional, orientadas a favorecer de manera directa a toda la agroindustria azucarera nacional. Sin embargo, DIECA desarrolla complementaria y adicionalmente una relevante gestión comercial por medio de la cual mantiene vinculación con empresas nacionales e internacionales ajenas a la organización azucarera, representada por LAICA, por medio de la cual capta recursos económicos. Desde hace muchos años, propiamente a partir del año 1984, DIECA ha venido generando recursos económicos como resultado de la venta de productos y servicios a clientes diversos, lo cual en las últimas dos décadas ha cobrado relevancia virtud de los montos implicados e interesante potencial forjado. Se procura evitar como muchos posiblemente piensan, ser apenas un costo y una carga institucional, sino que hay por el contrario, producción de recursos económicos asociados a los bienes tecnológicos obtenidos; es por esto, que

DIECA no es solo gasto, pues en su labor se generan también ingresos.

Es necesario por su significado destacar varios asuntos importantes para eliminar dudas infundadas sobre la gestión de venta realizada, como son: 1) se venden excedentes o demandas preestablecidas, por lo que las necesidades nacionales no son afectadas ni mucho menos sacrificadas pues son prioridad institucional; 2) toda la gestión se realiza mediante trámite bancario (pagos por depósito en cuentas de LAICA), por lo que no hay manejo de dinero; 3) los recursos percibidos ingresan directamente a LAICA por lo que no son, por directriz superior, reinvertidos y reutilizados por DIECA; 4) la producción y venta se realiza por demanda previa coordinada con los interesados, sobre todo en el mercado internacional; 5) los productos van acompañados de un estricto control de calidad basado en indicadores muy específicos y reveladores; 6) en la venta por lo general no participan intermediarios, sobre todo en las

¹Ingeniero Agrónomo M. Sc. Gerente. **Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)**, Costa Rica. E-mail: mchavez@laica.co.cr. Teléfono (506) 2284-6066 / Fax (506) 2223-0839.

* La sección editorial es un espacio para opinión y discusión sobre temáticas de índole exclusivamente técnicas en lo referente al entorno de la producción de caña de azúcar a nivel nacional e internacional, los temas publicados en esta sección no representan ni reflejan las políticas internas o externas de LAICA; ni personifican tampoco la manera de pensar o de opinar del Consejo Directivo, del Director Ejecutivo o del Comité Editorial ni de ninguno de sus miembros individualmente. Los autores asumen directamente la responsabilidad en lo personal y de manera independiente por lo que publican en esta sección editorial.



externas; 7) por su naturaleza y características no es aplicable la suscripción de contratos previos de compra, pues esta se da solo cuando la plaga esta presente, y 8) la gestión comercial es desarrollada por DIECA con un importante y valioso apoyo en los últimos años por parte de la unidad especializada en exportaciones de LAICA.

Características del mercado

La venta de productos no tradicionales, en este caso biológicos, empleados en el control de plagas resulta ser muy especial y particular en consideración de varios elementos que lo determinan, pero sobre todo lo condicionan.

Para su empleo debe formularse, operarse y cumplirse un programa que defina y contenga prácticas muy particulares de manejo de plantaciones, entre las que están: *realización de monitoreos previos y sistemáticos para comprobar la presencia de plagas dañinas, identificación taxonómica de plagas problemáticas, valoración del grado de impacto y afectación, coordinar con otras labores agronómicas de las plantaciones por atender, revisar el ciclo vegetativo y la etapa fenológica de ataque de la plaga al cultivo, conocer el ciclo biológico del controlador empleado, determinar el rango de acción y de actividad biológica del controlador, prever el manejo del controlador en el campo, coordinar la liberación del agente de control en la plantación, conocer las condiciones climatológicas prevalecientes y esperadas, valorar el posible uso alternativo de agroquímicos, tener presente que la posibilidad de almacenamiento en avispas es nulo y en hongos limitado, entre otras consideraciones.*

Importante es señalar que el control biológico por su naturaleza es por su forma de actuar preventivo y no erradicante como puede ser un plaguicida químico, donde este se aplica y el efecto es inmediato; en el biológico el efecto es sistemático y más lento. Por esta razón se habla de **Manejo Integrado de Plagas (MIP)** y más específicamente de **Manejo Integrado del Cultivo (MIC)**, como conceptos operados de forma sistémica, continua y sinérgica en asocio con otras prácticas de manejo

de los campos de caña, en cuyo caso todo participa de manera asociativa.

°caso para optimizar su empleo y potenciar su efecto en el campo; esto se traduce indefectiblemente a las particularidades que caracterizan y modelan el mercado de los biológicos.

¿Dónde y cuando surgió la idea de vender?

Por antecedente y tradición, hasta 1990 los ingresos se limitaban básicamente a entregas de caña comercial a ingenios y venta de un pequeño excedente de avispas que por carecer de destino debían liberarse o venderse; esto por cuanto el laboratorio no podía ni puede detener su reproducción, pese a que si puede reducirla a niveles mínimos, lo cual se complicaba en los periodos de zafra (diciembre-marzo) en consideración de que las plantaciones estaban cortadas o próximas a cosecharse, lo que hacía por estado vegetativo de crecimiento y maduración casi innecesario el control de plagas. Las avispas tampoco pueden almacenarse pues su ciclo biológico es muy corto (apenas 21 días). En esa circunstancia las avispas se liberaban en las plantaciones que cultivaban variedades con ciclo vegetativo de 16 a 24 meses de edad para cosecha, como acontecía en la zona media y alta (>900 msnm) del Valle Central (San Ramón, Grecia, Sarchí), San Carlos (Quesada) y Cartago (Jiménez, Cervantes, Paraíso, Santa Cruz.).

Fue a partir de ese año que se valoró seriamente y con gran sentido empresarial la oportunidad de reforzar y colocar ese excedente en el exterior, principalmente en ingenios panameños interesados, lo cual fue visto, avalado y apoyado en primera instancia por quienes constituían en esos momentos la Junta Directiva que orientaba los

destinos de DIECA, la cual se conformaba por representantes de los sectores productor (FEDECANA), azucarero (Cámara de Azucareros) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en consideración del Convenio LAICA-MAG vigente y que operó desde mayo de 1982 hasta diciembre de 1995 cuando se finiquitó.

La iniciativa comercial fue felizmente desarrollada y apoyada por LAICA poniéndola en operación, lo cual por disposición de DIECA ha venido creciendo y diversificándose en los últimos años, generando un interesante potencial de captación de recursos mediante la venta de productos y servicios tecnológicos. Es a partir del año 2000 cuando se inicia la labor de investigación y reproducción de hongos entomopatógenos, lo que viene a sumar de manera significativa en la oferta comercial de productos biológicos dispuesta al mercado.

¿Qué se vende? ¿Cuál es el origen de los ingresos percibidos?

El origen económico de los recursos comercializados y vendidos es diverso y se ha modificado con el tiempo, pese a lo cual se tienen algunos rubros principales y consistentes, como son: 1) caña comercial producto de residuales de experimentos y producción en fincas comerciales regionales de DIECA (Grecia, Guanacaste, Turrialba), la cual es entregada en régimen de extra cuota a los ingenios del lugar donde se produce; 2) semilla básica; 3) parasitoides (avispa del género *Cotesia flavipes*); hongos entomopatógenos de los géneros *Metarhizium anisopliae* (Ma) y *Beauveria bassiana* (Bb); 4) servicios de capacitación y adiestramiento en materias técnicas, principalmente de laboratorio; 5) servicios de análisis fitopatológico de muestras en laboratorio; 6) venta en una oportunidad variedades promisorias a El Salvador y 7) venta de otros bienes (chatarra, etc.).

Es importante dejar claro para evitar especulaciones, que **DIECA NO VENDE**, pese a

haber tenido interesantes solicitudes internacionales, plántulas reproducidas por la técnica de Cultivo de Tejidos in vitro por una razón simple, porque aún no satisfacemos las necesidades nacionales que son prioridad institucional y de lo cual aún estamos lejos de cumplir.

¿A quién se le vende?

Los usuarios y mercados de destino de los productos vendidos han sido en realidad bastante estables, pues se han mantenido activos, vigentes y muy dinámicos por años, pese a la fuerte competencia internacional existente, lo que demuestra y ratifica la calidad y aceptación de los mismos. Comercialmente los productos están registrados tanto en el país como a nivel internacional ante los organismos oficiales respectivos, y son conocidos por los nombres METADIECA, BEAUVEDIECA y COTEDIECA.

Por su naturaleza, características y propiedades, los productos ofertados tienen demandas y clientelas muy diferenciadas virtud de su naturaleza y empleo potencial; por lo cual no es lo mismo el destino viable de los hongos que el de las avispas. El destino casi exclusivo de las avispas es el exterior, en tanto que el de los hongos es tanto nacional como externo.

Por su naturaleza las avispas (himenóptero) de *Cotesia flavipes* son de acción casi exclusiva sobre el taladrador del tallo (*Diatraea* spp.), importante plaga azucarera; razón por la cual se emplea mayoritariamente en caña de azúcar. En el caso de los hongos entomopatógenos (*M. anisopliae* y *B. bassiana*) la situación es muy diferente, pues estos poseen un espectro de acción más amplio, motivo por otros bienes, lo que poco aporta en términos de rentabilidad, pese a lo cual se realizan generando alguna ganancia.

¿Afectan esas ventas al sector azucarero nacional?

Resulta comprensible entender que la cantidad de productos biológicos por vender depende y está determinada por factores como son la disposición institucional, la capacidad operativa disponible, pero sobre todo la disponibilidad de recursos y necesidades nacionales por satisfacer, lo cual responde muchas veces a circunstancias mediáticas como es por ejemplo el incremento en afección de una plaga en un momento determinado; pues si el sector azucarero nacional requiere coyunturalmente disponer de más controladores biológicos entonces se deja de exportar y redirecciona la producción para satisfacer nuestras propias necesidades sectoriales.

Es importante sin embargo manifestar, que lo concerniente a la venta de hongos y avispas está previamente financiada por un presupuesto que LAICA aprueba anualmente con carácter extraordinario para ese fin a inicios del año, y que le permite a DIECA cumplir responsablemente con las demandas y compromisos adquiridos sobre todo a nivel internacional. Esta medida como se indicó, en absoluto altera ni interviene sobre la satisfacción de las necesidades nacionales, pues operan paralelamente. Como se anotó, DIECA llena las necesidades nacionales en lo concerniente a hongos y avispas donde somos autosuficientes. La respuesta contundente a la pregunta inicial es LAS VENTAS NO AFECTAN LAS DEMANDAS DEL SECTOR AZUCARERO NACIONAL.

Expectativas futuras

Las pretensiones y proyecciones futuras en materia de generación de ingresos son muy positivas en consideración de la orientación misma que lleva actualmente la agricultura mundial, donde las exigencias ambientales, manejo más orgánico de plantaciones y la adopción de medidas de control natural de las plagas y enfermedades, abre un

interesante espacio comercial para el empleo incremental de los productos biológicos.

Institucionalmente LAICA gestiona y tiene previsto operar a través de DIECA como objetivos de corto y mediano plazo, entre otras las siguientes acciones: 1) operar bajo estándares de muy alta calidad como argumento elemental para participar con éxito del comercio competitivo, 2) mantener los mercados actuales y buscar nuevos demandantes, 3) concentrar esfuerzos en productos de alta rentabilidad, 4) elevar las ventas nacionales principalmente de hongos entomopatógenos, 5) incorporar otros géneros biológicos (parasitoides o depredadores, hongos, bacterias, virus, nematodos) que amplíen y fortalezcan la oferta vendible, 6) reforzar la comercialización de biológicos con el apoyo de las unidades especializadas que la Corporación posee, 7) procurar cubrir en la medida de las posibilidades toda la cadena desde producción hasta consumidor, obviando y superando intermediarios, 8) asociar la venta de productos con el asesoramiento técnico especializado, 9) desarrollar campañas de información y promoción de nuestros productos y 10) valorar la posibilidad de crear en DIECA una unidad especializada autofinanciable orientada exclusivamente a la producción y venta comercial bajo estándares de calidad y rentabilidad, entre otras.

Es relevante señalar por su trascendencia que ya está prevista y muy próxima a operar la producción y venta de SUBSTRATOS ORGÁNICOS al mercado nacional, para lo cual se construyó recientemente en la Estación Experimental de DIECA ubicadas en Grecia, una planta para ese fin que fue financiada parcialmente con recursos proporcionados por el Banco Alemán DEG (*Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft mbH*). Actualmente se tiene todo previsto para iniciar labores comerciales a inicios del año 2017. Esta nueva línea comercial vendrá a generar nuevos recursos al sector azucarero.

Conclusión

Queda demostrado que el cometido institucional desarrollado por DIECA trasciende su función principal y primordial, orientada fundamentalmente a promover la investigación, la innovación, la asistencia técnica y la capacitación al productor de caña de azúcar; habiendo incursionado adicionalmente en la gestión de generar ingresos por venta de productos biológicos y prestación de servicios técnicos profesionales a los demandantes que así lo han requerido y siguen solicitándolos.

Esta gestión le ha permitido al sector azucarero nacional ingresar a sus arcas en el término de los últimos 30 años (1984-2015) un total de **US\$2.155.582,06** correspondientes a la suma nada despreciable de **₡949.376.243,00** para un promedio anual de US\$69.534,91 y ₡30.625.040, respectivamente. Dichos recursos económicos pasan a formar parte de los ingresos ordinarios que LAICA percibe anualmente por la venta y comercialización de azúcar y derivados, y que luego forman parte del precio final de liquidación reconocido al sector agroindustrial. Queda evidenciado que DIECA no es apenas un “costo” como algunos creen, sino que también genera recursos financieros por concepto de producción y

venta de productos biológicos y servicios profesionales a clientes nacionales y externos, lo que complementariamente posiciona y favorece la imagen del sector.

Este esfuerzo no sería posible sin la calificada participación de muchos técnicos y profesionales que han contribuido con la producción de productos de muy alta calidad demandados por exigentes clientes nacionales e internacionales. Así mismo, resulta muy meritoria y destacable la visión traducida en soporte institucional, que muchas personas, integrantes de diferentes Juntas Directivas han tenido para apoyar estas iniciativas, aún en tiempos difíciles cuando otros posiblemente hubieran echado atrás; muy destacable el decidido apoyo de la Dirección Ejecutiva de LAICA en esta labor.

Queda y está pendiente el reto y el desafío institucional de crecer y participar en toda la cadena tecnológica en beneficio directo del sector agroindustrial de investigar, innovar, capacitar, dar asistencia técnica especializada, producir productos para apoyar esa labor y generar, complementariamente, recursos económicos sanos a partir de esa gestión.



Cuadro 1.
Ingresos totales generados y recibidos por LAICA (DIECA) por venta de productos biológicos y prestación de servicios técnicos. Periodo 1985-2015 (30 años).

Periodo	Monto percibido		Valor us\$ / ¢ *
	¢	us\$	
1984-85	110.192	2.490	44,25
1985-86	228.797	4.404	51,95
1986-87	526.158	9.223	57,05
1987-88	486.315	7.442	65,35
1988-89	1.150.707	14.677	78,40
1989-90	1.239.005	14.865	83,35
1990-91	2.126.026	21.986	96,70
1991-92	2.651.255	20.154	131,55
1992-93	5.724.480	41.913	136,58
1993-94	3.054.675	20.823	146,70
1994-95	3.058.724	19.047	160,59
1995-96	4.064.851	21.651	187,74
1996-97	6.867.472	32.085	214,04
1997-98	18.949.878	80.126	236,50
1998-99	22.061.635	83.488	264,25
1999-00	11.011.936	35.133	313,44
2000-01	22.277.162	66.376	335,62
2001-02	22.185.670	63.296	350,51
2002-03	26.810.765	66.787	401,44
2003-04	22.288.739	51.197	435,35
2004-05	17.739.637	37.381	474,56
2005-06	41.766.111	81.603	511,82
2006-07	47.926.525	92.645	517,31
2007-08	59.926.610	115.437	519,13
2008-09	126.025.120	220.113	572,55
2009-10	93.372.380	178.066	524,37
2010-11	72.385.360	144.492	500,96
2011-12	66.203.744	130.366	507,83
2012-13	85.259.640	172.605	493,96
2013-14	86.237.383	162.911	529,35
TOTAL PROMEDIO	949.376.243 30.625.040	2.155.582,06 69.534,91	

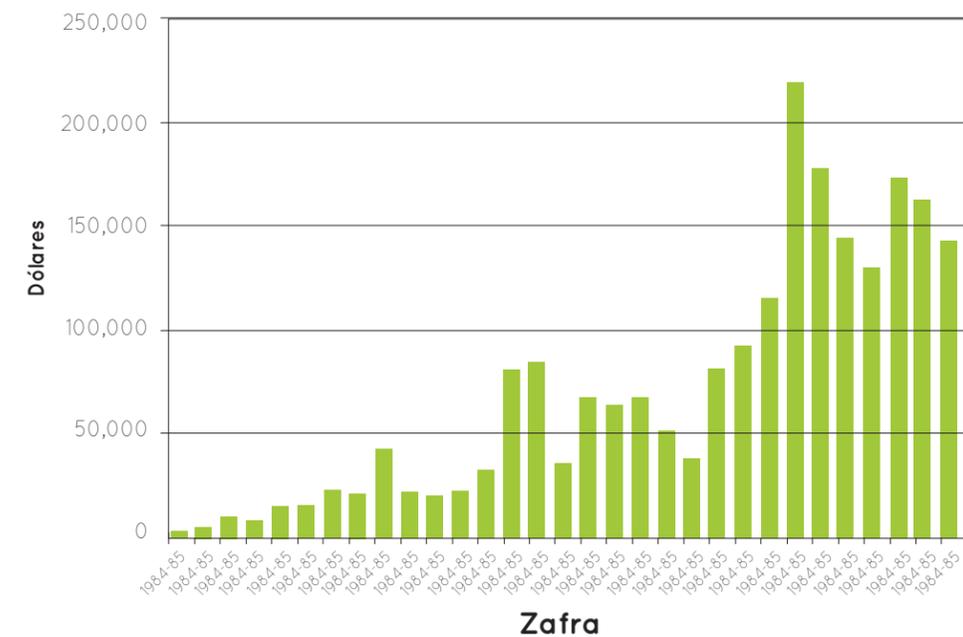


Figura 1.

Ingresos totales generados (US\$) por DIECA. Periodo 1984 - 2015

Cuadro 2.
Ingresos percibidos por ventas nacionales e internacionales según producto y origen.
Periodo 2012-2015 (3 zafras).

Producto	Zafra 2012-13		Zafra 2013-14		Zafra 2014-15	
	Nacional	Externa	Nacional	Externa	Nacional	Externa
Avispas	280	59.683,62	330	51.072	645,75	87.189,50
Hongos	35.677,5	27.935,41	36.031	11.458,05	23.352	2.696
Caña	19.434	---	44.529,29	---	26.804	---
Semilla	22.813,52	---	19.176,89	---	1.813	---
Otros	6.780	---	313,33	---	300	---
Total	84.985,68	87.619,03	100.380,51	62.530,05	52.914,75	89.885,50
Porcentaje	49,24	50,76	61,62	38,38	37,06	62,94
US\$	172.604,71		162.910,56		142.800,25	
¢	85.259.640,00		86.237.383,00		75.659.293,00	



Cuadro 3.

Detalle de las ventas de controladores biológicos realizadas a nivel nacional e internacional.
Periodo 2012-2015 (3 años).

Producto	Zafra 2012-13		Zafra 2013-14		Zafra 2014-15		Total	
	Nacional	Externa	Nacional	Externa	Nacional	Externa	Nacional	Externa
Avispas	280	59.683,62	330	51.072	645,75	87.189,50	1.255,75	197.945,12
Hongos	35.677,5	27.935,41	36.031	11.458,05	23.352	2.696	95.060,50	42.089,46
Total	35.957,50	87.619,03	36.361	62.530,05	23.997,75	89.885,50	96.316,25	240.034,58
Porcentaje	29,1	70,9	36,8	63,2	21,1	78,9	28,6	71,4
US\$	123.576,53		98.891,05		113.883,25		336.350,83	
₡	61.070.488		51.223.761		60.364.265		172.658.514	

Cuadro 4.

Ingresos totales percibidos por ventas según producto y zafra. Periodo 2012-2015 (3 años).

Producto	Zafra 2012-13		Zafra 2013-14		Zafra 2014-15		Total		
	US\$	%	US\$	%	US\$	%	US\$	₡	%
Avispas	59.963,62	34,7	51.402	31,5	87.835,25	61,5	199.200,87	102.479.393	41,7
Hongos	63.612,91	36,9	47.489,05	29,2	26.048	18,2	137.149,96	70.179.121	28,7
Caña	19.434,66	11,3	44.529,29	27,3	26.804	18,8	90.767,95	48.155.741	19,0
Semilla	22.813,52	13,2	19.176,89	11,8	1.813	1,3	43.803,41	22.646.420	9,2
Otros	6.780	3,9	313,33	0,19	300	0,21	7.393,33	3.695.639	1,5
Total US\$	172.604,71	100	162.910,56	100	142.800,25	100	478.315,52		100
Total ₡	85.259.639		86.237.383		75.659.292			247.156.316	

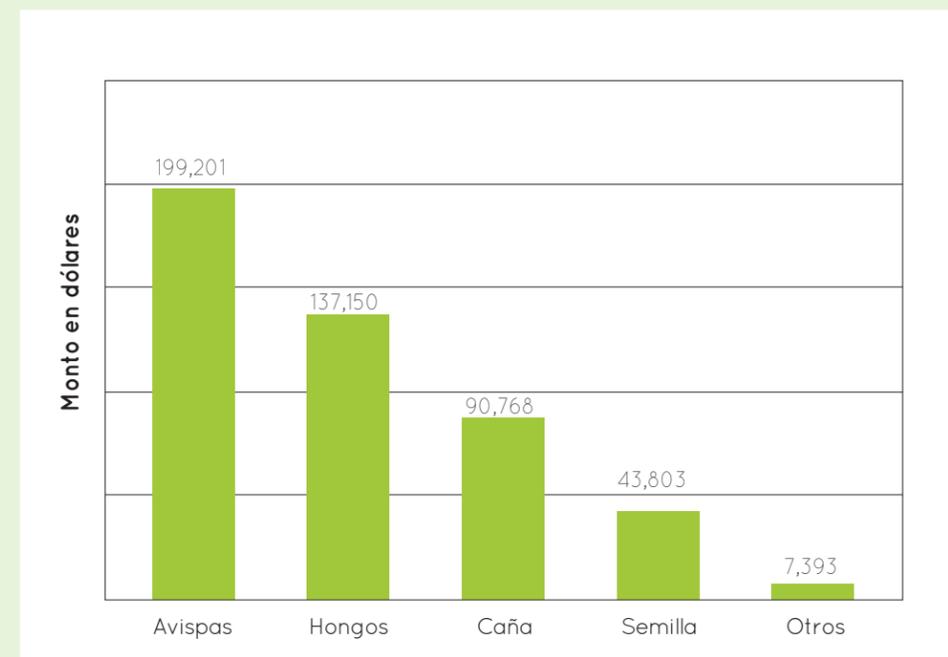


Figura 2.
Ingresos totales generados por ventas (US\$) según producto.
Periodo 2012-2015 (3 años).





Sección de Artículos Científicos

Eficacia de los coadyuvantes en el control químico de *Rottboellia cochinchinensis*

Roberto Alfaro Portugal¹

Introducción

Los coadyuvantes son compuestos químicos que se adicionan a los herbicidas y sus mezclas con la finalidad de mejorar su efectividad, al servir de intermediario o de enlace entre el herbicida, el agua, y las estructuras de la planta. Los mismos, agregados a la disolución de los herbicidas con el agua, vienen a fortalecer su solubilidad, la compatibilidad y sobre todo la dispersión y penetración en las plantas asperjadas, venciendo barreras químicas, físicas y ambientales, hasta alcanzar en el menor tiempo posible los puntos de acción o sumideros.

En el mercado de los agroquímicos existen una gran variedad de productos comerciales de distinta composición química y diversos mecanismos de acción, capaces de realizar múltiples funciones, al punto que algunos pueden alterar el comportamiento típico y esperado de un herbicida. A pesar del gran desarrollo alcanzado en este campo y la gran disponibilidad de productos; el conocimiento sobre su uso apropiado es escaso, lo que ha dificultado en muchos casos obtener de ellos su mayor beneficio.

En la formulación de los herbicidas y coadyuvantes los fabricantes emplean diversos productos químicos llamados tensoactivos, los cuales también son utilizados en la fabricación de muchos productos industriales utilizados en la fabricación de pinturas, productos de limpieza y alimentación. De acuerdo a las características químicas de éstos productos, se dispone entre ellos de cosolventes (agentes de enlace), agentes estabilizantes (emulsificantes, dispersantes), agentes mojantes, dispersantes, penetrantes, agentes formadores de depósito, agentes higroscópicos, activadores o sinergistas y detergentes. Por lo tanto estos productos pueden presentar varias de estas funciones, pero resaltando alguna en especial, por ejemplo la acción penetrante indicada por un coadyuvante en particular, es inducida en mayor capacidad por algunos tensoactivos, la acción antiespumante por otros, por este motivo los fabricantes de coadyuvantes utilizan mezclas de tensoactivos para ofrecer en su producto comercial ambas características o propiedades.

¹Coordinador Programa de Agronomía. *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Teléfonos: (506) 2494-1129 / 2494-2955 / 294-4451 / 2494-7555. E-mail: ralfaro@laicaco.cr



Esta diversidad de productos químicos en mezcla y aplicados a las plantas que contienen en su metabolismo otra diversidad de sustancias activas, pueden provocar reacciones metabólicas (sinérgicas o antagónicas) que culminaran posiblemente en un control eficiente o ineficiente de las malezas. Por este motivo no se debe generalizar el uso de un mismo coadyuvante para todos los herbicidas y sus mezclas, debe haber especificidad y para lograrla se debe conocer el aporte de cada uno de los coadyuvantes existentes en el mercado con el fin de seleccionar los más adecuados.

Ante la falta de información en este sentido y consecuentemente en la búsqueda permanente de ofrecer a los productores las mejores alternativas técnico económicas en el control de las malezas, se planteó como objetivo en esta investigación, determinar la existencia de sinergismos y antagonismos entre los coadyuvantes y los herbicidas post emergentes utilizados en el control de *Rottboellia cochinchinensis*.

Metodología

Se seleccionaron un total de 33 coadyuvantes disponibles en el mercado, entre ellos algunos productos que por sus características podrían favorecer el accionar de los herbicidas. Dichos productos se agregaron individualmente a cuatro herbicidas utilizados en el control post emergente de la maleza *R. cochinchinensis*, la cual se sembró en cajas plásticas (micro parcelas de 0,27m²) en condiciones de invernadero.

En cada micro parcela se sembró por semilla un total de 25 plantas y previo a la floración se asperjaron con cada tratamiento, utilizando un asperjador mecánico equipado con una boquilla

8002 con una capacidad de descarga equivalente a 480 litros de agua por hectárea.

Los herbicidas utilizados fueron: diurón 80 WG (1 kg/ha), terbutrina 80 WG (1,5 kg/ha), hexazinona 75 WG (0,125 kg/ha) y ametrina 50 SC (3 L/ha). Las dosis de dichos herbicidas como se observa fueron reducidas se acuerdo a las dosis utilizadas en mezcla, con excepción de la ametrina, esto con el objetivo de permitir una clara y evidente manifestación de las diferencias mostradas por los distintos adyuvantes.

La dosis de los coadyuvantes fue de 1 ml/L de agua (0,1%) y se agregaron después de la preparación de la mezcla con excepción del Kemkol, el cual por recomendación del fabricante se agregó antes de adicionar los herbicidas.

Las evaluaciones se realizaron a los 21 días después de la aplicación y se contabilizaron las plantas presentes antes de la aspersión y las plantas muertas (secas), con estos valores se obtuvo el porcentaje de mortalidad en cada tratamiento. Con base en la diferencia entre el porcentaje de control del tratamiento testigo (herbicida sin coadyuvante) y el porcentaje de cada tratamiento con coadyuvante se logró el porcentaje del control de la maleza (Cuadro 2).

Los coadyuvantes utilizados en esta prueba se presentan con su nombre comercial y cuya composición y características se puede observar en los Cuadros 1A y 1B en este documento. La gran mayoría de éstos; presentan múltiples funciones que le permiten ejercer un mayor y mejor efecto ante cualquier molécula de herbicida utilizada por el productor (Cuadro 1A, 1B). Sin embargo la información sobre los tensoactivos que componen el producto en algunos casos es poca y ausente por completo lo que impide de alguna forma agrupar y verificar si el accionar de algunos concuerda con el accionar de otros.

Con los resultados del porcentaje de control de la maleza *R cochinchinensis* en cada herbicida, se sumaron dichos porcentajes para los herbicidas que componen las diferentes mezclas recomendadas y aplicadas en la caña de azúcar. Se eligió como criterio básico que aquellos coadyuvantes que en la mezcla superaron el 101% de efectividad se seleccionaron como los mejores productos o coadyuvantes para dicha mezcla de herbicidas. Debe quedar claro que los resultados obtenidos en el control de las malezas en este estudio, obedecieron a la influencia de condiciones ambientales, químicas y biológicas del entorno donde se realizó esta investigación.



Figura 1.
Plantas de *R. cochinchinensis* aplicadas con los diferentes tratamientos de herbicidas y coadyuvantes en condición de Invernadero.

Cuadro 1A
Características de los coadyuvantes comerciales evaluados tomadas de la información contenida en las etiquetas.

Distribuidor o Fabricante	Nombre comercial	Clasificación	Composición
Bayer	NP7	Emulsificante, adherente, humectante y penetrante	Nonilfenol poliglicol eter
DOW	KAITAR ACT SL	Emulsificante, humectante, antiespumante	Ácido dodecilsulfónico Octifenoxietoxilado Isopropanol, silicona fosfatos sodio y potasio Hidróxido sodio
BAYER	ADHERENTE 810 SL	Emulsificante, adherente, penetrante, humectante	Nonil phenoltoxilate
FARMAGRO	EXIT 100 EC	Coadyuvante activador	Poly metileno poly oxi propileno Poly oxitileno ethil alkilamina
AGRO COSTA	LIMONOIL 15 % SL	Surfactante, penetrante, solvente	Petroleum oil
COSMOCEL	INEX 27,65 % L	Penetrante	Éter de polietilenglicol Glicol con óxido de etileno Dimetil polisiloxano
CRISTAL CHEM	LI 700	Acidificante, surfactante, penetrante,	Fosfatidilcolina Ácido metilacético Aquil polioxietileno eter
AGRICOLA PISCIS	AGREX F 32,2 SL	Penetrante, adherente, dispersante, humectante, antiespumante	Nonil fenol polioxietileno, diotil sulfo succinato
AGRICOLA PISCIS	AGREX ABC 50 SL	Acidificante, dispersante, humectante, Penetrante	Diotil sulfo succinato Acidificante orgánico
AGRICOLA PISCIS	BB5 78 SL	Dispersante, humectante, penetrante, antiespumante, acidificante.	ácido ortofosfórico
FEDECOOP	NUFILM 17,96 % L	Adherente, dispersante, humectante, extendedor	Pinolene
QUIMIA - EUROSEMILLAS	SURFACID COAD	Acidificante, dispersante, adherente, humectante, emulsificante, penetrante, adherente, antiespumante	Alcohol tridecílico polioxietileno, ácido fosfórico
ECOGREEN	INDAGRO H	Dispersante, penetrante	Alquil aril sulfonato, polietoxilato, sales sódicas, cloruro sodio

Cuadro 1B
Características de los coadyuvantes comerciales evaluados, tomadas de la información contenida en las etiquetas.

Distribuidor o Fabricante	Nombre comercial	Clasificación	Composición
COSMOAGRO	COSMO FLUX 411 F	Coadyuvante estéreo	Alcohol etoxilado Aril etoxilado Isoparafinas líquidas
COSMOAGRO	COSMO IN D 27 SL	Penetrante, surfactante, antiespumante,	Alcohol etoxilado Polioxietileno alquil éter
AGROSUPERIOR	WK 85 SL	Penetrante, humectante	Monoxinol
LAQUINSA	SURLAQ 25 %	Humectante, penetrante.	Alquil aril polietoxilatos Alquil sulfosuccinato Óxido polialquil hetome trisiloxano
STOLLER	CARRIER EC	Microencapsulador,	Aceite vegetal
COLONO	SILWETT L77	Órgano siliconado	Polialquileneóxido Heptametiltrisiloxano
COLONO	TRANSPORE 30,4 SL	Penetrante, humectante,	Nonil fenol polietoxilado, glicoles
AGRICOLA PISCIS	AGREX RP 25,7 SL	Humectante, penetrante y	Agentes tensoactivos, diluyentes y acondicionadores
MILLER	SUSTAIN 100 L	Adherente, dispersante,	D-1-p menteno 96 % (Pinolene)
AGRIAL	SINER VEGETAL OIL 93 EC	Humectante y penetrante,	Aceite de soya
EXENOS	PROTEXTIL 50 SL		Nonil fenol etoxilado,
EL COLONO	AGRIFUL		Ácidos fúlvicos
SAGAL	DAP PLUS 70 SL	Dispersante, penetrante, antiespumante	Polialcoholes y glicoles
ECOINSUMOS	SURCO COADYUVANTE SC	Dispersante, penetrante, antiespumante	Éter de polietilenglicol, Glicol con óxido de etileno, Dimetil polisiloxano
BASF	BREAK THRU 100SL	Humectante, dispersante,	Copolímero polietileno
ECOGREEN	INDAGRO ACIDOS HUMICOS 15 % L		Ácidos húmicos y fúlvicos
SAGAL	DREXEL PAS 80	Penetrante, surfactante,	Fosfato dicolina, ácido metil acético, éter alquil polioxietileno
BIO CONTROL	KEMKOL 99 EC	Órgano siliconado	Aceite de soya, tensoactivos
SAGAL	SAGAFILM	Adherente y dispersante	Mezcla de resinas acrílicas
SUPLIDORA VERDE	COUPLEX 46,5 L	Compatibilizador	Ácido carboxílico orgánico
SUPLIDORA VERDE	AMINOFEEED UV	Fertilizante foliar	Proteínas, aminoácidos y carbohidratos

Resultados

El resultado de las evaluaciones correspondientes al porcentaje de plantas muertas por cada tratamiento, se presentan en el Cuadro 2, donde se observan los valores obtenidos para cada herbicida y coadyuvante, y a la vez su respectiva diferencia respecto al testigo (herbicida sin coadyuvante).

En algunos casos los valores son negativos, lo que significa que el porcentaje de control ejercido fue inferior en ese porcentaje respecto al tratamiento testigo sin coadyuvante, presencia posiblemente de un antagonismo.

Con la información del Cuadro 2, se sumaron los porcentajes de control de cada tratamiento y se seleccionaron aquellos coadyuvantes que en ambos herbicidas utilizados como mezcla presentaron valores de totales superiores al 101 %. A continuación se presentan las mezclas más recomendadas y posteriormente los coadyuvantes que presentaron mayor efectividad.

Herbicida diurón

Este es un herbicida sistémico principalmente de acción pre y post emergencia temprana y pertenece al grupo de las ureas sustituidas. Actúa como un inhibidor de la fotosíntesis, interrumpiendo la reacción de Hill sobre malezas de hoja ancha y algunas gramíneas. La dosis mínima recomendada en mezcla es de 1,6 kilogramos de ingrediente activo por hectárea (kg i.a./ha).

Herbicida terbutrina

Este herbicida pertenece al grupo de las triazinas y actúa principalmente en pre y post emergencia temprana; como todas las triazinas inhibe el proceso de la fotosíntesis sin impedir la germinación ni la emergencia de las plántulas de malezas. Presenta un bajo índice de lixiviación y fuerte adsorción en el suelo lo que permite su permanencia en la capa superficial. Se recomienda su aplicación en post emergencia y en mezcla con una dosis mínima de 1,6 kg i.a./ha.

Herbicida ametrina

Herbicida triazínico sistémico y pre y post emergente que actúa por absorción foliar y radicular. Se recomienda para el control selectivo de malezas en post temprana (de menos de 15 cm), con suficiente humedad del suelo y en dosis de 1,5 kg i.a./ha. Controla eficazmente malezas anuales principalmente gramíneas y algunas dicotiledóneas.

Herbicida hexazinona

Es un herbicida sistémico y de acción pre emergente de alta residualidad. Controla malezas de hoja ancha y sobre todo en gramíneas de amplio espectro. Las dosis recomendadas es de 0,225 kg a 0,375 kg de i.a./ha, en mezcla con otros herbicidas y como pre emergente se debe aplicar en dosis de 0,6 kg i.a./ha.

Cuadro 2
Diferencia porcentual respecto al testigo en el control de *R. cochinchinensis* aplicada con los diferentes coadyuvantes en cada herbicida.

N°	Coadyuvantes	Control (%) de <i>Rottboellia cochinchinensis</i> por tratamiento			
		diurón 80 WG 1 kg/ha	ametrina 50 SC 3 L/ha	hexazinona 75 WG 0,125 kg/ha	terbutrina 80 WG 1,5 kg/ha
1	TESTIGO	0	0	0	0
2	COSMO IN D 27 SL	60	-36	-33	-4
3	WK 85 SL	61	16	-33	42
4	AGREX RP 25,7 SL	47	11	24	80
5	SURLAQ 25%	15	-29	-33	-4
6	KAITAR ACT SL	-18	-27	67	48
7	NP7	75	-41	-33	8
8	INEX 27,65 % SL	0	-35	-33	21
9	SUSTAIN 100 L	20	10	35	31
10	COSMOFLUX 411 F	5	42	-28	0
11	AGREX F 32,2 SL	50	-25	-33	24
12	LIMONOIL	46	-33	-33	87
13	TRANSPORE	-21	32	67	18
14	AGREX ABC	39	nd	nd	nd
15	L 77	46	-28	-33	96
16	SINER VEGETAL OIL	4	47	0	21
17	SURFACID	48	35	41	53
18	PROTEXTIL	82	44	71	0
19	AGRIFUL	12	0	0	74
20	EXIT 100 EC	24	71	0	100
21	INDAGRO H	20	26	0	36
22	DAP PLUS 70 SL	24	69	10	70
23	ADHERENTE 810	95	75	10	61
24	SURCO COADYUVANTE	24	91	21	23
25	LI 700	15	35	16	32
26	BREAK THRU 100 SL	24	31	0	0
27	INDAGRO ACIDOS HUMICOS	96	0	0	100
28	DREXEL PAS 80	92	0	0	74
29	KENKOL (60 ml/ha)	0	100	56	100
30	SAGAFILM	28	56	-28	0
31	BB 5	5	33	46	91
32	COUPLEX	0	6	5	0
33	AMINOFEEED	0	0	10	18
34	CARRIER	11	67	4	6

Mezclas de herbicidas

Para obtener un control efectivo de las malezas en el cultivo de la caña de azúcar se acostumbra la utilización de mezclas y con ello ampliar el rango de acción. Con base en los resultados obtenidos, se seleccionaron los coadyuvantes que mejor desempeño tuvieron con cada herbicida de la mezcla recomendada, a continuación se presentaran los coadyuvantes más apropiados para cada una de dichas mezclas.

Diurón + terbutrina

Esta mezcla es una de las más utilizadas por los productores en general y presenta un grado intermedio en su poder gramínicida. En el Cuadro 3 se presentan los coadyuvantes que mayor control ejercieron con cada herbicida y con base de la suma total se presentan de mayor a menor eficacia obtenida por esta mezcla.

De un total de 33 coadyuvantes evaluados un 27 % fueron los más efectivos sobresaliendo en este caso Indagro ácidos húmicos, el cual no es un coadyuvante como tal, sin embargo por referencias; los ácidos húmicos y fúlvicos presentes en este producto favorecen la penetración y transporte de ambos herbicidas, logrando un mayor efecto de los mismos, como se evidenció en este tratamiento. Estos resultados revelan las mejores alternativas de coadyuvantes para ser adicionados a esta mezcla en particular.

Cuadro 3
Control de *R. cochinchinensis* ejercido por a mezcla de diurón + terbutrina y los coadyuvantes más efectivos.

Coadyuvantes	Porcentaje Control		
	diurón	terbutrina	Total
INDAGRO ÁCIDOS HÚMICOS	96	100	196
DREXEL PAS 80	92	74	166
ADHERENTE 810	95	61	156
L 77	46	96	142
LIMONOIL	46	87	133
AGREX RP	47	80	127
EXIT 100 EC	24	100	124
WK	61	42	103
SURFACID	48	53	101

Diurón + hexazinona

Esta mezcla presenta una alta capacidad de controlar gramíneas y otras malezas comunes en la caña de azúcar, no obstante y a pesar de dicha capacidad solamente dos coadyuvantes lograron superar el 101 % en el control total de *Rottboellia cochinchinensis*. Esta limitada respuesta tiene su explicación en el sentido de que como se observa en el cuadro 2 son pocos los coadyuvantes que responden positivamente con el herbicida hexazinona.

Cuadro 6
Control de *R. cochinchinensis* ejercido por la mezcla de terbutrina + ametrina y los coadyuvantes más efectivos.

Coadyuvantes	Porcentaje Control		
	diurón	hexazinona	Total
PROTEXTIL	82	71	153
ADHERENTE 810	95	10	105

Diurón + ametrina

El herbicida ametrina por si solo es poco efectivo en controlar a *R. cochinchinensis*, sin embargo por experiencias de campo al combinarse con diurón, se ha observado un alto grado de sinergismo entre ambos herbicidas; no obstante su capacidad gramínicida es inferior a la mezcla de diurón + terbutrina por lo que se recomienda su aplicación en un estado de la maleza post temprana y en aquellos lotes infestado con bajas densidades de *Rottboellia*. Los mejores coadyuvantes para esta mezcla se presentan en el cuadro 4 y como se observa únicamente un 9 % de los coadyuvantes evaluados superaron el 101 % en el total para esta mezcla, destacándose el coadyuvante Adherente 810.

Cuadro 4
Control de *R. cochinchinensis* ejercido por la mezcla de diurón + ametrina y los coadyuvantes más efectivos.

Coadyuvantes	Porcentaje Control		
	diurón	ametrina	Total
ADHERENTE 810	95	75	170
PROTEXTIL	82	44	126
SURCO COADYUVANTE	24	91	115

Diurón + ametrina

Esta mezcla es poca utilizada y recomendada en el cultivo de la caña de azúcar por pertenecer ambos herbicidas a la familia de las triazinas y por su escasa efectividad observada en el control de las malezas en general. Sin embargo algunos productores la han utilizado agregando altas dosis de ambos herbicidas, incrementando su costo significativamente. De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, pareciera que la clave del éxito en la aplicación de esta mezcla consiste en agregar el coadyuvante adecuado como los es en este caso Kemkol, el cual sumo el 200 % en el control total de *R. cochinchinensis*, seguido también por otros coadyuvantes que ejercieron un buen control de dicha maleza como se observa en el siguiente Cuadro 6.

Cuadro 5
Control de *R. cochinchinensis* ejercido por la mezcla de diurón + hexazinona y los coadyuvantes más efectivos.

Coadyuvantes	Porcentaje Control		
	terbutrina	ametrina	Total
KENKOL (60 ml/ha)	100	100	200
EXIT 100 EC	100	71	171
DAP PLUS 70 SL	70	69	139
ADHERENTE 810	61	75	136
BB 5	91	33	124
SURCO COADYUVANTE	23	91	114

Conclusiones

- El uso de los coadyuvantes adecuados para cada herbicida y sus mezclas en las aplicaciones es fundamental para lograr en ellos un efectivo y económico control de las malezas.
- Los fabricantes de herbicidas incorporan en la formulación de los herbicidas diversos tensoactivos que les aseguren en su producto un buen desempeño mediante estabilidad, homogeneidad, dispersión, y penetración entre otras cualidades.
- Quedó demostrado que con la adición de un coadyuvante adecuado en la mezcla (agua - herbicida), puede aumentar en forma significativa el control de las malezas, aun en bajas dosis de los herbicidas, reduciendo con ello los costos de la aplicación, y protegiendo el medio ambiente al reducirse la cantidad de plaguicidas aplicado en los campos de cultivo.
- Ante los resultados de este estudio, quedo claramente demostrado que no todos los adyuvantes a pesar de sus cualidades físico-químicas ofrecen por igual resultados satisfactorios en su función como activadores o potencializadores de los herbicidas en general. De esta forma se debe evitar en alguna forma la generalización de las recomendaciones.
- También es evidente de que en algunos casos la mayoría de estos productos responden en mayor magnitud a los efectos esperados de la combinación herbicida- adyuvante, tal es el caso del herbicida diurón, donde aproximadamente el 75 % de los coadyuvantes respondieron satisfactoriamente, no obstante en otros herbicidas fueron pocos los adyuvantes que respondieron positivamente y por el contrario hubo una tendencia de neutralizar su accionar, tal es el caso del herbicida hexazinona, al cual solamente un 23 % de los adyuvantes respondieron satisfactoriamente.
- Para finalizar, es importante señalar que el conocimiento preciso del mecanismo de acción de los surfactantes es bastante oscuro y que desafortunadamente no se puede esperar siempre que la disminución en la tensión superficial inducida por estos productos provoquen un aumento en la retención, absorción foliar y actividad o eficacia del tratamiento herbicida., por lo tanto es imprescindible continuar valorando nuevos productos y sobre todo su accionar en otras malezas de importancia económica para el cultivo de la Caña de Azúcar.



Literatura Consultada

- Alfaro Portuguez, R. 2010. El uso de adyuvantes en el control químico de malezas en la caña de azúcar. LAICA (Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar, Costa Rica), Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar). San José, Costa Rica. 20 p. Documento técnico.
- Kogan, M; Pérez, A. 2001. Herbicidas: fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción colección en agricultura. Santiago, Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Universidad Católica. 333 p.
- García L; Fernández, C. 1991. Fundamentos sobre Malas Hierbas y Herbicidas. Madrid, España. Ediciones Mundi Prensa.
- García, E; Bortolussi, O; Blatner, L. 2003. Formulaciones y Adyuvantes. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina), Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Boletín de Divulgación Técnica. 28 p.
- Hess, F. 1985. Herbicide absorption and translocations and their relationship to plant tolerances and susceptibility. In Weed Physiology: Herbicide Physiology. Duke, SO. CRC Press INC. Boca Raton, Florida, EEUU. p. 192 - 214. (Vol II).
- Lallana, M; Billard, E; Lallana, V. 2006. Breve revisión sobre características de la cutícula vegetal y penetración de herbicidas. Revista Ciencia, Docencia y Tecnología. 7(33):229 -241.
- Prado, AM.; Del Solar, CE.; Soto, P. 2001. Adyuvantes, sus propiedades y efectos en las aplicaciones de agroquímicos (en línea). Santiago, Chile. Consultado octubre del 2016. Disponible en http://www.blueberrieschile.cl/wp-content/uploads/2015/07/pdf_000009.pdf
- Ríos, RF. 2010. Comportamiento ambiental de tensioactivos comerciales aniónicos y no iónicos (en línea). Tesis M. Sc., Granada, España. Facultad de Ciencias, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Granada. 242 p. Consultado octubre del 2016. Disponible en <http://hdl.handle.net/10481/14978>
- Salager, JL.; Fernández, A. 2004. Surfactantes: I Generalidades. II Materias Primas (en línea, Cuaderno Firp S301-PP). Mérida, Venezuela. Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes. 24 p. (Módulo de Enseñanza en Fenómenos Interfaciales). Consultado octubre del 2016. Disponible en <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S301.pdf>
- Salager, JL. 2002. Surfactantes: Tipos y Usos (en línea, Cuaderno Firp S300A). Mérida, Venezuela. Laboratorio de Formulación, Interfaces, Reología y Procesos. Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes. 54 p. (Módulo de Enseñanza en Fenómenos Interfaciales). Consultado octubre del 2016. Disponible en <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S300A.pdf>





Evaluación agroindustrial de 15 variedades de caña de azúcar, en la Central Azucarera del Tempisque (CATSA), Guanacaste, Costa Rica, tres cosechas, año 2015.

Manuel Rodríguez Rodríguez¹; Jesús Vargas Acosta²; José Roberto Durán Alfaro³; Marvin Oviedo Alfaro⁴

Resumen

En Costa Rica el 54,5 % del área cultivada con caña de azúcar se encuentra ubicada en la Región de Guanacaste lo que la convierte en la principal región cañera. Esto hace que al igual que en el resto de regiones se deba trabajar de manera constante en la búsqueda de nuevas variedades con adaptación a las distintas condiciones de suelo y clima que aquí se tienen. Para atender lo mencionado anteriormente es que se estableció esta prueba comparativa de 15 variedades con el objetivo de determinar cuáles de ellas ofrecen rendimientos agroindustriales satisfactorios para esta región.

La misma se ubicó en la zona oeste de la región de Guanacaste, específicamente en los campos agrícolas de la Central Azucarera del Tempisque (CATSA), utilizando un diseño de bloques completos al azar, parcelas de 6 surcos de 8 metros de largo (72 m,2) con cuatro repeticiones.

Se evaluaron cinco variedades LAICA producto de cruzamientos realizados en el país, siete variedades procedentes del extranjero, así como tres variedades comerciales (testigos) de la región.

Se realizaron evaluaciones a nivel agroindustrial, en variables como kg de azúcar por tonelada, toneladas de caña/ha y toneladas de azúcar/ha; esta información fue analizada por medio de la comparación de Tukey 5%. Los resultados obtenidos a través de tres cosechas colocan a las variedades RB 86-7515 y LAICA 08-390 como las más promisorias, ya que son las que ofrecen los rendimientos más altos con 16,1 y 15,86 toneladas de azúcar por hectárea en comparación a la mejor variedad comercial la CP 72-2086, que alcanzó 14,74 toneladas de azúcar por hectárea.

¹/Coordinador Región Guanacaste, Zona Oeste. *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Teléfono: (506) 8812-5531 / 2668-8822. E-mail: mrodriguez@laica.co.cr

²/Departamento de Investigación Agrícola, Central Azucarera Tempisque S.A. Teléfono: (506) 2667-8391, ext.: 406. E-mail: jevargas@catsa.net

³/Coordinador Programa de Variedades. *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Teléfonos: (506) 2494-1129 / 2494-2955 / 294-4451 / 2494-7555. E-mail: jduran@laica.co.cr

⁴/Programa de Variedades. *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. E-mail: moviedo@laica.co.cr



Introducción

Las variedades comerciales de caña de azúcar, con el pasar de los años empiezan a presentar signos de degeneración, constituyéndose en uno de los principales problemas de la agricultura cañera. Esta degeneración de la variedad ocasiona pérdida de vigor, comprometiendo la capacidad productiva que se refleja en una disminución de los rendimientos agrícola e industrial.

Para contrarrestar lo anterior, es necesario el desarrollo continuo de nuevas variedades genéticamente superiores y con alto índice de productividad agrícola e industrial para la sustitución de aquellas que ya presentan el problema mencionado. Junto a eso, el principal factor que dificulta el incremento en la productividad es la interacción genotipo - ambiente, que se expresa en la heterogeneidad de los suelos y condiciones climáticas, sobretodo en la irregularidad de las lluvias, en ocasiones con largos períodos de verano y en otras con inundaciones; afectando así la longevidad de las socas y provocando que los cañales sean renovados más temprano, aumentando así los costos de producción.

En Costa Rica, con la necesidad de contar con nuevas variedades de alta productividad y bien adaptadas a las condiciones variables que prevalecen en las regiones cañeras, como lo son suelo, clima, altitud y manejo (Duran y Oviedo, 2013); se ha desarrollado un protocolo para la búsqueda de nuevos materiales genéticos, el cual considera la introducción y evaluación de variedades desarrolladas en otros centros de investigación del mundo y el desarrollo de variedades nacionales a través de cruzamientos realizados en el país.

De las 6 regiones cañeras de Costa Rica, Guanacaste con el pasar de los años se ha convertido en la principal zona de producción, ocupando el 54,5% (34.513,61 has) de un área total del país de 63.315,71 has (Chávez y Chavarría, 2013). Esta zona se encuentra constituida por dos sub regiones, las cuales se denominan Zona Este

(Bagaces, Cañas y Abangares) y la Zona Oeste (Liberia, Carrillo, Santa Cruz y Nicoya). En la zafra 2014 - 2015, se procesaron en la provincia de Guanacaste, un total de 2.582.030 toneladas métricas de caña, lo cual representa un 58,38 % de la producción nacional (LAICA 2014-2015).

Las condiciones climáticas y topográficas en la región de Guanacaste no muestran grandes variaciones, pero el aspecto edáfico si hay presencia de distintos tipos de órdenes de suelos como Vertisoles, Inceptisoles, Molisoles y Alfisoles (Henríquez, C et al, s.f.); lo cual provoca, que no todas las variedades de caña de azúcar puedan adaptarse de manera similar en toda la región. La Zona Oeste cuenta con 22.705,64 hectáreas de caña establecidas, donde solo el 67,7% del área posee riego y existen unos 550 a 600 productores pequeños y medianos.

Teniendo en cuenta la importancia que reviste esta región en la producción de caña de azúcar, y buscando más opciones en materiales aptos para estas condiciones; fue que se estableció este ensayo, siguiendo el protocolo ya determinado del programa de variedades de LAICA en conjunto con el departamento de investigación del ingenio CATSA.

El objetivo del presente trabajo es el de evaluar el desempeño agroindustrial de 15 variedades de caña de azúcar, en un suelo franco en la Central Azucarera del Tempisque (CATSA), con el fin de buscar más opciones varietales, para la Región Oeste de Guanacaste, Costa Rica.

Materiales y métodos

Ubicación y establecimiento

El ensayo se realizó en el Ingenio Central Azucarera del Tempisque (CATSA), ubicado al noroeste del país, en la provincia de Guanacaste, cantón Liberia, distrito Liberia. Geográficamente se encuentra entre 85° 27' y 25° 32' de longitud Oeste y 10° 25' y 10° 32' de latitud Norte. La altitud oscila entre los 5

y 23 msnm y con una pendiente inferior al 1 %. La precipitación promedio anual es de 2.053 mm y una temperatura promedio anual de 28,3 °C (CATSA, 2014). La prueba se realizó entre los años agrícolas de 2012/2013 (caña planta), 2013-2014 (primer soca) y 2014-2015 (segunda soca). La siembra de las variedades se realizó en la sección El Moral (104), lote 4.

Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental la constituye una parcela de 72 m (6 surcos de 8 metros de largo), la distancia de siembra entre surco fue de 1,5 metros, la separación entre parcelas de 2 metros. La siembra se efectuó el 12 de enero del 2012.

Se evaluaron cinco variedades producto de cruzamientos realizados en el país, siete variedades procedentes del extranjero, así como tres variedades comerciales (testigos) NA 56-42, CP 72-2086 y B 82-333, las cuales son

ampliamente sembradas en la zona, ya que tienen características propias que las hacen diferentes unas de otras con respecto a manejo, suelo, necesidades hídricas, fechas de cosecha, entre otras.

Análisis de suelo

Se efectuó un análisis físico químico del suelo, para determinar el contenido nutricional, la muestra se tomó a una profundidad de 20 cm, se analizaron los elementos K, P, Fe, Cu, Zn, Mn mediante la metodología de Díaz - Romeau y Hunter (1982). En la prueba física se le realizó textura obteniendo como resultado un suelo Franco. En el cuadro 1 se detalla el resultado del análisis, apreciando altos contenidos de potasio, lo cual es muy característico en la zona, también sus contenidos en calcio y magnesio son altos; sin embargo estas bases se encuentran en desbalance con el potasio. En términos generales, este suelo se considera nutricionalmente bueno.

Cuadro 1
Análisis químico del suelo utilizado en el ensayo de 15 variedades en la sección el Moral, CATSA, Guanacaste, 2013.

Análisis	Valor	Interpretación	Rangos ¹
pH H ₂ O	6,2	Medio	5,6 - 6,5
Acidez extraíble (cmol (+)/L)	0,21	Baja	0,5 - 1,5
Ca (cmol (+)/L)	7,89	Medio	4 - 20
Mg (cmol (+)/L)	3,65	Medio	1 - 5
K (cmol (+)/L)	2,01	Alto	0,2 - 0,6
Ca/Mg	2,16	Hay equilibrio	2,1 - 5
Ca/K	3,93	Carencia de Ca respecto al K	5,1 - 25
Mg/ K	1,82	Carencia de Mg respecto al K	2,6 - 15
(Ca + Mg)/K	5,74	Carencia de Ca y Mg respecto al K	10,1 - 40
Suma de Cationes (cmol)	13,55	Medio	5 - 25
CICE (cmol (+)/L)	13,76	Medio	5 - 25
Saturación de la Acidez (%)	1,53	Baja	10 - 50
P (mg/L)	25	Alto	10 - 20
Fe (mg/L)	119	Alto	10 - 100
Cu (mg/L)	4	Medio	2 - 20
Zn (mg/L)	2,5	Medio	2 - 10
Mn (mg/L)	37	Medio	5 - 50
M. O. (%)	2,67		

¹ Méndez y Bertsch, 2012.

Cuadro 2

Variedades de estudio en la evaluación de Fase VI según procedencia, CATSA Guanacaste 2013-2015.

Variedades	Procedencia
CP 00-2150	USDA, EEUU
LAICA 08-390	DIECA, Costa Rica
LAICA 08-328	DIECA, Costa Rica
LAICA 08-389	DIECA, Costa Rica
B 82-333	WICSBS, Barbados
CP 72-2086	USDA, EEUU
CP 01-2060	USDA, EEUU
CP 02-1651	USDA, EEUU
LAICA 06-311	DIECA, Costa Rica
SP 81-3250	COPERSUCAR, Brasil
MEX 85-152	México
NA 56-42	Argentina
CG 97-100	CENGICANA, Guatemala
LAICA 06-321	DIECA, Costa Rica
RB 86-7515	RIDESA, Brasil

Variables evaluadas

Con respecto a las variables industriales, estas se obtuvieron extrayendo una muestra de 5 tallos por parcela, las cuales fueron enviadas al laboratorio de azúcar del Ingenio CATSA. La estimación de las toneladas de caña por hectárea se obtuvo al pesar la totalidad de la caña que tenía cada parcela, para lo cual se empleó una balanza. Las variables evaluadas, se citan seguidamente:

- Brix (%)
- Pol (%) en caña
- Pureza (%) del jugo
- Fibra (%) caña
- Rendimiento industrial (kg az/ton)
- Toneladas métricas de caña por hectárea (ton caña/ha)
- Toneladas métricas de azúcar por hectárea (ton az/ha)
- PRT (porcentaje de diferencia, respecto

al mejor testigo en la variable toneladas de azúcar por hectárea.

- =Relación sacarosa, toneladas de caña necesarias para extraer, una tonelada de azúcar.

Análisis estadístico

Para interpretar los resultados estadísticos se realizó un análisis de varianza utilizando el programa Infostat, y se hizo una comparación de tratamientos utilizando un alfa de 0,05, mediante la prueba de Tukey.

Resultados y Discusión

Caña planta

Con base en los resultados agroindustriales obtenidos en el primer corte o caña planta (Cuadro 3); se logró estimar que hubo diferencias estadísticas significativas utilizando la comparación de tukey al 0.05%, en los aspectos más relevantes como lo son kg Az/Ton, Ton Ca/Ha y Ton Az/Ha.

Cuadro 3

Resultados agroindustriales en 15 variedades de caña de azúcar, en la Central Azucarera Tempisque (CATSA), Guanacaste, Costa Rica. Caña Planta. Año 2013.

Variedad	Rendimiento Industrial (kg azúcar/t)	Caña (t/ha)	Azúcar (t/ha)	PRT ¹	Relación Sacarosa ²
CG 97-100	102,15 ab	228,68 ab	23,39 a	105,93	9,78
CP 72-2086 (Testigo)	105,43 a	209,45 abc	22,08 ab	100	9,49
LAICA 08-390	101,56 abc	210,45 abc	21,37 abc	96,78	9,85
CP 00-2150	99 abcd	213,16 abc	21,04 abcd	95,29	10,13
LAICA 06-311	94,95 abcde	215,18 abc	20,42 abcd	92,48	10,54
RB 86-7515	85,21 cdefg	231,77 a	19,76 abcde	89,49	11,73
LAICA 06-321	99,77 abcd	184,2 cd	18,38 abcdef	83,24	10,02
SP 81-3250	81,85 efg	215,66 abc	17,7 bcdefg	80,16	12,18
B 82-333 (Testigo)	83,61 defg	195 abcd	16,34 cdefg	74	11,93
LAICA 08-389	87,13 bcdef	186,77 cd	16,29 cdefg	73,78	11,47
LAICA 08-328	83,33 defg	193,85 abcd	16,18 cdefg	73,28	11,98
NA 56-42 (Testigo)	69,4 g	227,08 ab	15,88 defg	71,92	14,3
CP 01-2060	87,8 bcdef	169,79 d	14,92 efg	67,57	11,38
MEX 85-152	71,39 fg	190,38 bcd	13,66 fg	61,59	14
CP 02-1651	76,32 fg	169,24 d	13,01 g	58,92	13,01
Promedio	88,59	202,71	18,02	81,63	11,45
CV %	7,36	7,6	11,6		

¹PRT: Porcentaje de diferencia respecto al mejor testigo en la variable Toneladas de Azúcar por Hectárea

²Relación sacarosa: toneladas de caña necesarias para extraer una tonelada de azúcar

³ANDEVA utilizando la comparación de Tukey 0,05% (Medias con una letra común no son significativamente diferentes)

En la variable kilogramos de azúcar por tonelada, la mejor variedad fue CP 72-2086 con 105,43 kg; estadísticamente fue superior a nueve de las variedades en estudio.

En el caso de toneladas de caña por hectárea el rendimiento más alto lo ofreció la variedad RB 86-7515 con 231,77 t, siendo estadísticamente superior a cinco variedades.

Respecto a toneladas de azúcar por hectárea, la variedad CG 97-100 obtuvo los mejores rendimientos con 23,39 t, siendo superior

estadísticamente a ocho de las variedades en este estudio. Esta variedad CG 97-100 obtuvo rendimientos superiores a los testigos, caracterizándose por una concentración buena de azúcar, y un excelente peso. Es importante mencionar que esta variedad, mostro la presencia de varios látigos del “carbón de la caña” (*Sporisorium scitamineum*), esta condición hace que se le preste mayor atención en las cosechas sucesivas. Además de la CG 97-100 en esta primera cosecha sobresalen las variedades LAICA 08-390, CP 00-2150, LAICA 06-311, con rendimientos superiores a 20 t azúcar/ha; esto a nivel experimental, tal y como se aprecia en la figura 1.

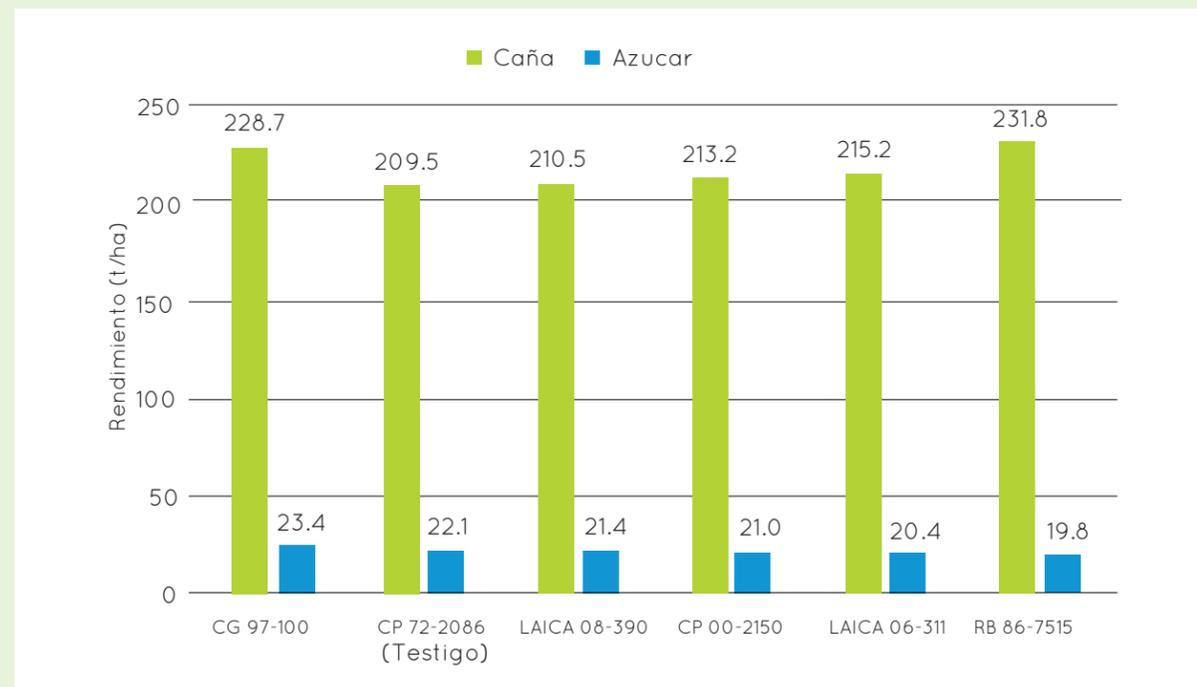


Figura 1
Variedades que obtuvieron los seis mejores rendimientos en las variables toneladas de caña y azúcar por hectárea en caña planta. Año 2013.

Primera soca

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de la segunda cosecha (primera soca) realizada en el año 2014; con una edad de 12 meses, tal y como normalmente son cosechadas las variedades en esta región. En la variable kilogramos de azúcar por tonelada, las variedades más sobresalientes fueron LAICA 06-311 y LAICA 06-321 con 111,35 y 110,77 kilogramos de azúcar respectivamente. Estas dos variedades son estadísticamente superiores a B 82-333, LAICA 06-328, NA 56-42 y CP 02-1651 (Cuadro 4).

Con relación a la variable toneladas de caña por hectárea, un total de 12 variedades expresaron rendimientos por encima de las 100 toneladas. La variedad RB 86-7515 manifestó el mayor rendimiento con 138,34 toneladas de caña y fue estadísticamente diferente a 9 variedades como LAICA 06-321, CG 97-100, LAICA 06-311, CP 00-2150, CP 72-2086, CP 01-2060, Mex 85-152, NA 56-42 y CP 02-1651 (Cuadro 4). Las variedades SP 81-3250, B 82-333 (testigo) y LAICA 08-390 sobresalen también con buenos resultados en esta variable.

Cuadro 4
Resultados agroindustriales obtenidos en 15 variedades de caña de azúcar, en ingenio Central Azucarera Tempisque (CATSA), Guanacaste, Costa Rica. Primera soca. Año 2014.

Variedad	Brix (%)	Pol (%)	Pureza (%)	Fibra (%)	Rendimiento industrial (kg azúcar/t)	Caña (t/ha)	Azúcar (t/ha)	PRT1	Relación Sacarosa ²
RB 86-7515	20,58 abcd	14,64 abcd	88,7 ab	13,98 ab	98,09 abc	138,34 a	13,61 a	10,23	10,16
SP 81-3250	22,55 abcd	15,35 abcd	87,51 ab	15,89 a	100,33 abc	134,65 ab	13,5 a	10,03	9,97
LAICA 08-390	22,49 abcd	15,9 ab	87,68 a	13,68 ab	106,28 ab	125,83 abcd	13,39 a	9,41	9,4
LAICA 06-321	22,98 abcd	16,5 a	91,43 ab	15,24 ab	110,77 a	106,6 cd	11,76 ab	9,08	9,06
CG 97-100	21,72 abcd	15,39 abcd	87,99 ab	13,79 ab	102,97 abc	112,99 bcd	11,65 ab	9,74	9,7
B 82-333 (Testigo)	20,31 bcd	13,45 bcd	82,46 a	14 ab	87,06 bc	129,03 abc	11,18 ab	11,63	11,54
LAICA 06-311	23,13 abcd	16,6 a	91,59 ab	15,44 ab	111,35 a	99,79 e	11,05 ab	9,07	9,03
LAICA 08-389	21,83 abcd	14,28 abcd	82,85 ab	14,96 ab	91,59 abc	116,46 abcde	10,68 ab	11,01	10,9
CP 00-2150	20,58 abcd	15,03 abcd	90,6 ab	13,55 ab	102,2 abc	104,17 de	10,63 ab	9,87	9,8
LAICA 06-328	20,74 abcd	13,42 bcd	81,87 ab	15 ab	85,57 bc	122,5 abcd	10,61 ab	11,85	11,55
CP 72-2086 (Testigo)	21,52 abcd	15,52 abc	90,33 ab	14,33 ab	103,41 abc	98,82 e	10,23 ab	9,83	9,66
CP 01-2060	22,03 abc	15,49 abc	89,53 ab	15,18 ab	102,96 abc	97,95 e	10,1 ab	9,73	9,7
MEX 85-152	18,79 d	13,68 bcd	89,58 b	13,05 b	92,86 abc	101,46 de	9,43 b	10,79	10,76
NA 56-42 (Testigo)	20,25 bcd	13,12 cd	81,46 ab	14,52 ab	83,83 c	112,85 bcde	9,39 b	12,04	12,02
CP 02-1651	19,3 cd	12,77 d	83,17 ab	14,65 ab	82,48 c	101,81 de	8,47 b	12,45	12,02
Promedio	21,25	14,74	87,12	14,48	97,45	113,55	11,05	10,45	10,35
CV %	5,19	7,12	4,46	6,75	9,05	8,51	13,36		

¹PRT: porcentaje de diferencia respecto al mejor testigo en la variable toneladas de azúcar por hectárea.

²Relación sacarosa: toneladas de caña necesarias para extraer una tonelada de azúcar.

³ANDEVA utilizando la comparación de Tukey 0,05% (Medias con una letra común no son significativamente diferentes).

Respecto al rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea, encontramos en los primeros tres lugares a las variedades RB 86-7515, SP 81-3250 y LAICA 08-390 con rendimientos de 13,61; 13,50 y 13,39 t azúcar respectivamente. Estadísticamente estas son diferentes a las variedades MEX 85-152, NA 56-42 y CP 02-1651.

En la figura 2 se muestran las variedades que ocuparon los primeros seis lugares en rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea, vale indicar que tres de ellas (RB 86-7515, LAICA 08-390 y CG 97-100) también estuvieron entre las primeras seis variedades en la primera cosecha.

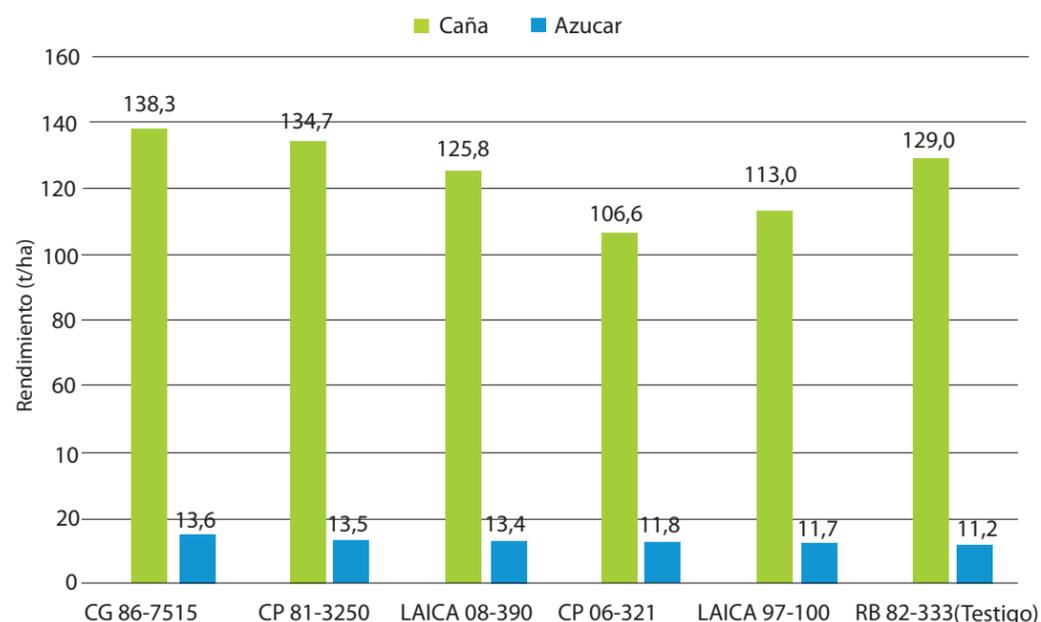


Figura 2

Rendimiento obtenido por los 5 mejores clones, y superiores al mejor testigo en Fase VI ubicada en terrenos de Central Azucarera Tempisque (CATSA), Guanacaste, Costa Rica. Primera soca, 2014.

Segunda soca

En el año (2015) correspondió la tercera cosecha del ensayo (segunda soca) a la edad de 12 meses. La respuesta de las variedades con respecto a la variable kilogramos de azúcar por tonelada, expresa un promedio de 99,53 kilogramos, donde las variedades más azucareras fueron CP 00-2150 (114,65), LAICA 08-390 (110,63), la testigo CP 72-2086 (109,41), RB 86-7515 (107,55) y LAICA 08-328 (105,57); estos valores son bastante representativos a nivel comercial en la región.

En el caso de las toneladas de caña por hectárea, se manifiesta un promedio de 108,73 toneladas,

condición que es muy satisfactoria para cultivos de caña en su tercer corte. La variedad más sobresaliente fue la RB 86-7515 con 138,54 toneladas, siendo superior estadísticamente a las variedades LAICA 06-311, CP 01-2060, CG 97-100, LAICA 08-389, CP 02-1651, NA 56-42, LAICA 06-321, Mex 85-152, CP 00-2150, LAICA 08-328 y CP 72-2086. El segundo, tercero y cuarto lugar en esta variable es ocupado por las variedades B 82-333 (testigo), LAICA 08-390 Y SP 81-3250, respectivamente

Cuadro 5

Resultados agroindustriales obtenidos en 15 variedades de caña de azúcar, en la Central Azucarera Tempisque (CATSA), Guanacaste, Costa Rica. Segunda soca. Año 2015.

Variety	Brix (%)	Pol (%)	Pureza (%)	Fibra (%)	Rendimiento Industrial (kg azúcar/t)	Caña (t/ha)	Azúcar (t/ha)	PRT ¹	Relación Sacarosa ²
RB 86-7515		15,5 a	86,7 a	12,38 bcde	107,55 a	138,54 a	14,93 a	125,25	9,28
LAICA 08-390		16,05 a	84,18 ab	12,02 cde	110,63 a	115,77 abc	12,83 ab	107,63	9,02
CP 72-2086 (Testigo)		16,54 a	84,32 ab	13,59 abc	109,41 a	108,99 bc	11,92 abc	100,00	9,14
CP 00-2150		16,05 a	86,82 a	11,21 de	114,65 a	102,57 bcd	11,78 abcd	98,83	8,71
LAICA 08-328		15,69 a	85,53 a	13,11 bcd	105,57 a	108,58 bc	11,47 abcd	96,22	9,47
SP 81-3250		15,17 a	81,11 ab	12,9 bcde	100,19 a	114,14 abc	11,44 abcd	95,97	9,98
LAICA 06-311		15,15 a	80,42 ab	13,05 bcde	99,24 a	111,98 bc	11,11 abcd	93,2	10,08
CP 01-2060		16,03 a	83,14 ab	15,18 a	100,84 a	108,13 bc	10,9 abcd	91,44	9,92
CG 97-100		14,18 ab	82,34 ab	11,11 e	98,74 a	108,06 bc	10,67 abcd	89,51	10,13
LAICA 08-389		14,43 a	81,03 ab	12,54 bcde	96,23 a	108,51 bc	10,49 bcd	88	10,34
CP 02-1651		14,86 a	81,92 ab	13,19 bc	98,02 a	105,56 bc	10,27 bcd	86,16	10,28
NA 56-42 (Testigo)		13,64 ab	78,75 ab	11,8 cde	91,22 ab	104,27 bcd	9,51 bcd	79,78	
LAICA 06-321		15,62 a	79,76 ab	14,32 ab	98,7 b	92,54 cd	9,13 bcd	76,59	10,14
B 82-333 (Testigo)		10,93 a	73,65 b	13,42 abc	67,39 b	125,07 ab	8,49 cd	71,22	14,73
MEX 85-152		13,64 ab	83,86 ab	11,89 cde	94,59 a	78,19 d	7,54 d	63,26	10,37
Promedio		14,9	82,24	12,78	99,53	108,73	10,83	90,87	10,17
CV %		8,77	5,45	6,08	10,6	9,57	15,59		

¹PRT: porcentaje de diferencia respecto al mejor testigo en la variable toneladas de azúcar por hectárea.

²Relación sacarosa: toneladas de caña necesarias para extraer una tonelada de azúcar.

³ANDEVA utilizando la comparación de Tukey 0,05% (Medias con una letra común no son significativamente diferentes).

Los valores obtenidos en toneladas de azúcar por hectárea en la tercera cosecha, ponen de manifiesto a las variedades RB 86-7515 y a la variedad LAICA 08-390 como las que alcanzaron los mayores resultados con 14,93 y 12,83 toneladas de azúcar por hectárea. La RB 86-7515 es estadísticamente superior a las variedades LAICA 08-389, CP 02-1651, NA 56-42, LAICA 06-321, B 82-333 y Mex 85-152.

En esta variable la variedad RB 86-7515 supero considerablemente al testigo B 82-333 (8,49 toneladas de azúcar/ha), a pesar de que esta

última había ocupado el segundo lugar en el rendimiento de toneladas de caña por hectárea. Lo anterior se da principalmente porque la variedad B 82-333 es de bajo rendimiento de azúcar y de maduración muy tardía, por lo tanto en esta cosecha le faltaba más tiempo para madurar. Además de la RB 86-7515 y LAICA 08-390; cuatro variedades más en estudio (CP 00-2150, LAICA 08-328, SP 81-3250 y la LAICA 06-311); produjeron resultados que las enmarcan en rangos superiores a las 11 t azúcar/ha, lo que denota un interesante grupo de variedades que podrían ser empleadas en la zona a futuro.

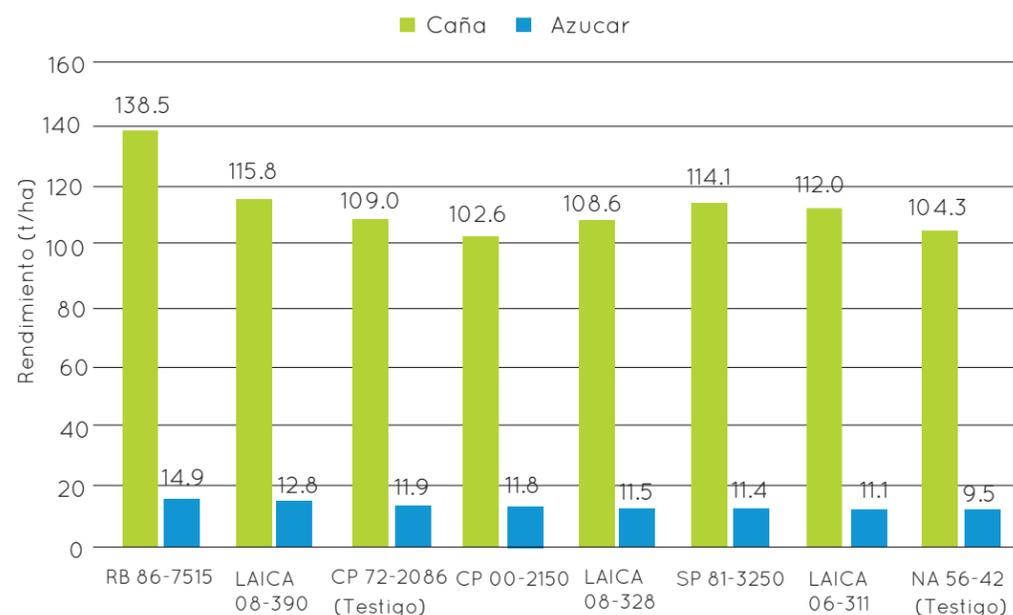


Figura 3
Rendimiento obtenido por los 8 mejores clones en Fase VI ubicada en terrenos de Central Azucarera Tempisque (CATSA), Guanacaste, Costa Rica. Segunda soca, 2015.

Se destaca, de acuerdo a los resultados expuestos en la figura 3, como un grupo de 7 variedades en estudio, superan la respuesta agroindustrial de la variedad NA 56-42, utilizada en esta investigación como testigo, la cual es ampliamente cultivada en la zona. También es importante resaltar el buen

comportamiento agroindustrial de la variedad CP 72-2086, la cual fue utilizada como testigo, y que solamente fue superado, por las variedades RB 86-7515 y LAICA 08-390, lo que denota que sigue siendo una variedad con buen comportamiento y es un referente como material testigo en este tipo de investigaciones.

Promedio de 3 cosechas

Un promedio de los resultados agroindustriales de las tres cosechas (2013-2015) anteriormente comentadas, se presenta en el cuadro 6.

Para la variable de kilogramos de azúcar por tonelada las variedades de mayor impacto fueron la LAICA 08-390 con 106,16 kg y el testigo CP 72-2086 con 106,08 kg. Este testigo ha mostrado durante muchos años esta característica de ser azucarera, razón por la cual es actualmente unas de las variedades más sembradas en la zona.

Cuadro 6
Resultados agroindustriales obtenidos en 15 variedades de caña de azúcar, en la Central Azucarera Tempisque (CATSA), Guanacaste, Costa Rica. Promedio tres cortes. Año 2015.

Variedad	Brix (%)	Pol (%)	Pureza (%)	Fibra (%)	Rendimiento Industrial (kg azúcar/t)	Caña (t/ha)	Azúcar (t/ha)	PRT ¹	Relación Sacarosa ²
RB 86-7515		15,5 a	86,7 a	12,38 bcde	107,55 a	138,54 a	14,93 a	125,25	9,28
LAICA 08-390		16,05 a	84,18 ab	12,02 cde	110,63 a	115,77 abc	12,83 ab	107,63	9,02
CP 72-2086 (Testigo)		16,54 a	84,32 ab	13,59 abc	109,41 a	108,99 bc	11,92 abc	100,00	9,14
CP 00-2150		16,05 a	86,82 a	11,21 de	114,65 a	102,57 bcd	11,78 abcd	98,83	8,71
LAICA 08-328		15,69 a	85,53 a	13,11 bcd	105,57 a	108,58 bc	11,47 abcd	96,22	9,47
SP 81-3250		15,17 a	81,11 ab	12,9 bcde	100,19 a	114,14 abc	11,44 abcd	95,97	9,98
LAICA 06-311		15,15 a	80,42 ab	13,05 bcde	99,24 a	111,98 bc	11,11 abcd	93,2	10,08
CP 01-2060		16,03 a	83,14 ab	15,18 a	100,84 a	108,13 bc	10,9 abcd	91,44	9,92
CG 97-100		14,18 ab	82,34 ab	11,11 e	98,74 a	108,06 bc	10,67 abcd	89,51	10,13
LAICA 08-389		14,43 a	81,03 ab	12,54 bcde	96,23 a	108,51 bc	10,49 bcd	88	10,34
CP 02-1651		14,86 a	81,92 ab	13,19 bc	98,02 a	105,56 bc	10,27 bcd	86,16	10,28
NA 56-42 (Testigo)		13,64 ab	78,75 ab	11,8 cde	91,22 ab	104,27 bcd	9,51 bcd	79,78	
LAICA 06-321		15,62 a	79,76 ab	14,32 ab	98,7 b	92,54 cd	9,13 bcd	76,59	10,14
B 82-333 (Testigo)		10,93 a	73,65 b	13,42 abc	67,39 b	125,07 ab	8,49 cd	71,22	14,73
MEX 85-152		13,64 ab	83,86 ab	11,89 cde	94,59 a	78,19 d	7,54 d	63,26	10,37
Promedio		14,9	82,24	12,78	99,53	108,73	10,83	90,87	10,17
CV %		8,77	5,45	6,08	10,6	9,57	15,59		

¹PRT: porcentaje de diferencia respecto al mejor testigo en la variable toneladas de azúcar por hectárea.

²Relación sacarosa: toneladas de caña necesarias para extraer una tonelada de azúcar.

³ANDEVA utilizando la comparación de Tukey 0,05% (Medias con una letra común no son significativamente diferentes).

En rendimiento de caña por hectárea la variedad que más sobresale es la RB 86-7515 con un promedio de 169,55 toneladas. Las variedades SP 81-3250 y LAICA 08-390 demuestran ser de alto rendimiento agrícola con 154,82 y 150,68 toneladas de caña por hectárea, respectivamente.

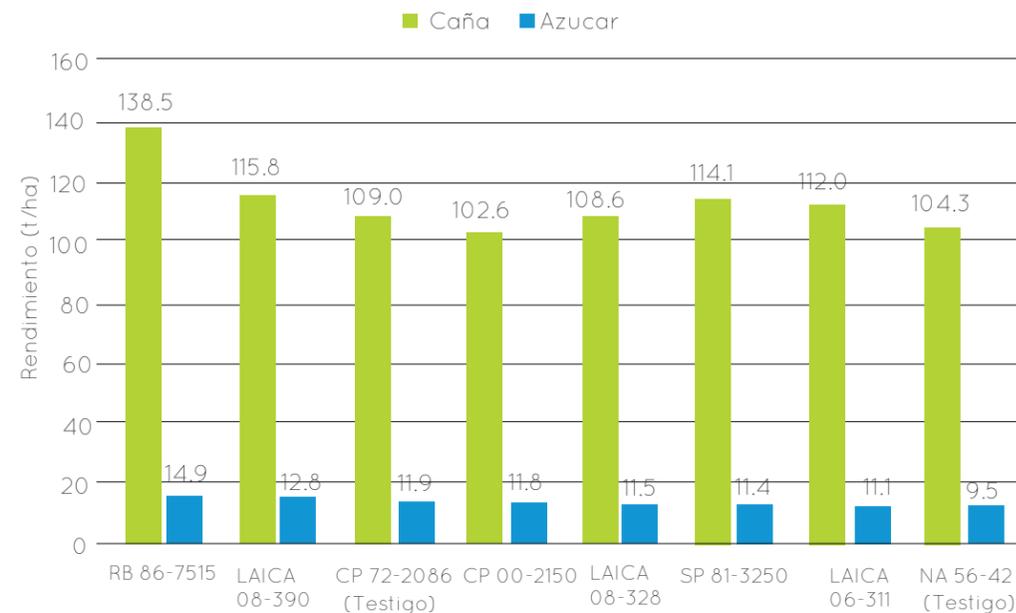


Figura 4

Rendimiento obtenido por los 8 mejores clones en Fase VI ubicada en terrenos de Central Azucarera Tempisque (CATSA), Guanacaste, Costa Rica. Promedio de tres cosechas, 2013 - 2015.

El promedio general logrado para la variable azúcar por hectárea fue de 13,30 toneladas, siendo un rendimiento alto para lo que comercialmente se obtiene en esta región. La reconocida variedad brasileña RB 86-7515 presentó el valor más alto con 16,10 toneladas de azúcar por hectárea, seguida muy de cerca por la variedad LAICA 08-390 con 15,86 toneladas.

Conclusiones

- Las variedades LAICA 08-390, CP 72-2086 Y CP 00-2150 son las que ofrecieron los rendimientos más en kilogramos de azúcar por tonelada
- En la variable toneladas de caña por hectárea la variedad más productiva fue la RB 86-7515, le siguen LAICA 08-390 y SP 81-3250 en el segundo y tercer lugar respectivamente.
- En toneladas de azúcar por hectárea las mejores variedades fueron RB 86-7515, LAICA 08-390 y CG 97-100; aunque esta última resultó ser susceptible a la enfermedad del carbón (*Sporisorium scitamineum*).

- La mejor variedad comercial (Testigo) de esta prueba fue la CP 72-2086, lo que reafirma el porque actualmente es una de las variedades más importantes en esta región.
- La variedad SP 81-3250 ofreció rendimientos bastante satisfactorios lo que respalda la razón para que se amplíen las áreas de siembra en esta región.

Recomendaciones

- Se recomienda ampliar la siembra de la variedad RB 86-7515 ya que fue la que ofreció el mayor tonelaje de azúcar por hectárea a pesar de que su rendimiento industrial está levemente por debajo del rendimiento promedio de la región.
- La variedad nacional que resultó más promisorio de este estudio es LAICA 08-390, por lo que se recomienda validarla semicomercialmente en distintas localidades de esta región.
- La variedad CP 00-2150 presenta rendimientos muy similares tanto de caña como de azúcar a la mejor variedad comercial CP 72-2086, por lo que sería conveniente ampliar sus áreas de siembra para evaluarla mejor.
- Por los buenos resultados que obtuvo la variedad LAICA 06-311 se recomienda evaluarla un poco más, en nuevos ensayos de competición varietal, así como a nivel semicomercial.

Literatura Citada

- Castillo Torres, R. Silva Cifuentes, E. 2004. Fisiología, floración y mejoramiento genético de la caña de azúcar en Ecuador. CINCAE (Centro de investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador). Ecuador, FIADE (Fundación para la Investigación Azucarera del Ecuador). 26 p. (Publicación Técnica No. 3).
- Chaves Solera, M. Chavarría Soto, E. 2013. ¿Cómo se distribuye y dónde se cultiva territorialmente la caña destinada a la fabricación de azúcar en Costa Rica? Memoria. Congreso ATACA (19, 2013, Heredia, Costa Rica), Congreso ATACORI (20, 2013, Heredia, Costa Rica). San José, Costa Rica, ATACORI (Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica). 1 v: 179-203.
- Díaz - Romeu, R.; Hunter, A. 1982. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones en invernadero. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 61 p. (Serie Materiales de Enseñanza N° 12).

Durán Alfaro, J. Oviedo Alfaro, M. 2013. Importancia y resultados del programa de producción de variedades nacionales (sigla LAICA) en Costa Rica. Memoria Congreso ATACA (19, 2013, Heredia, Costa Rica), Congreso ATACORI (20, 2013, Heredia, Costa Rica). San José, Costa Rica, ATACORI (Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica). 1 v: 233-239.

Henríquez, C.; Cabalceta, G.; Bertsch, F.; Alvarado, A. s.f. Principales suelos de Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. Tomado de: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html (consultado el 13/07/2015).

Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Departamento Técnico. Zafra 2014-2015. San José, Costa Rica.

Méndez, J. C.; Bertsch, F. 2012. Guía para la interpretación de la fertilidad de los suelos de Costa Rica. CIA (Centro de Investigaciones Agronómicas), UCR (Universidad de Costa Rica). San José, Costa Rica. ACCS (Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo). 108 p.

Simões Neto, D. Dutra Filho, J. Costa Silva, H. Rocha Machado, P. Costa, I. Pereira Silva, A. Calsa Junior, T. Carvalho, R. 2013. Competición de genotipos de caña de azúcar para mitad de la zafra en el Litoral Norte de Pernambuco. Memoria Congreso ATACA (19, 2013, Heredia, Costa Rica), Congreso ATACORI (20, 2013, Heredia, Costa Rica). San José, Costa Rica, ATACORI (Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica). 1 v: 383-387.

Solano, J., Villalobos, R. Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional. Tomado de: http://www.imn.ac.cr/publicaciones/estudios/Reg_climaCR.pdf (consultado el 16/02/2015).

Anexo

Evaluación agronómica

El cuadro 7 constituye un resumen de la evaluación agronómica efectuada a todas las variedades; esta sirve de complemento para conocer aún más cada una de ellas, siendo una herramienta importante, a la hora de decidir, por la escogencia de una u otra variedad.

Cuadro 1A
Resultados de la Evaluación Agronómica, de 15 variedades de caña de azúcar,
en Ingenio Central Azucarera Tempisque (CATSA), Guanacaste, Costa Rica. Año 2015.

Variedades	# de Tallos por m	Largo de los tallos (m)	Porte de los tallos ¹	Presencia de flor (%)	Presencia de corcho ²	Despaje ³	Otras Observaciones
RB 86-7515	14	2,31	SA	0	0	R a B	
LAICA 08-390	25	1,99	E	0	BTS	R	
CG 97-100	20	1,67	SA	0	MTS	B	Carbón
CP 72-2086 (T)	14	2,00	SA	40	ATS	R a B	
CP 00-2150	17	1,97	E	0	BTS	B	Hueco pequeño parte media
SP 81-3250	22	2,46	SA	0	0	B	
LAICA 06-311	16	1,82	SA	0	0	B	
LAICA 06-321	19	1,94	SA	0	0	B	
LAICA 08-328	21	1,71	SA	0	0	R a B	
LAICA 08-389	18	1,87	SA	0	0	B	
B 82-333 (T)	23	2,27	E	0	0	R	
CP 01-2060	16	1,87	SA	0	0	R	
NA 56-42 (T)	17	1,90	E	0	0	R a B	todo el tallo
CP 02-1651	15	1,88	A	0	0	R a B	Rajadura
MEX 85-152	16	1,93	A	0	0	R	

¹Porte: E = Erecto; SA = Semi abierto; A = Abierto..

²Corcho: BTS = bajo en el tercio superior; MTS = medio en el tercio superior; ATS = alto en el tercio superior; ATT = alto en todo el tallo; MTT = medio en todo el tallo; BTT = bajo en todo el tallo; BaMTMyS = bajo a medio en el tercio medio y superior; MaATS = medio a alto en el tercio superior.

³Despaje: B = bueno; R = regular; M = malo; RaB = regular a bueno; RaM = regular a malo.



Variedad LAICA 07-20

Notas Técnicas

Dos nuevas variedades de caña de azúcar recomendadas para la Región del Valle Central

José Roberto Durán Alfaro¹; Marvin Oviedo Alfaro²; Javier Bolaños Porras³

Presentación

El encontrar una nueva variedad de caña de azúcar resistente o tolerante a enfermedades y que sea capaz de superar a las variedades que comercialmente se cultivan, es una labor que requiere un proceso continuo y sistemático, tendiente a encontrar genotipos o materiales que logren adaptarse a las diferentes condiciones de clima, suelo y manejo que presenta cada región cañera del país.

En el presente documento se ofrece un breve resumen de las principales características morfológicas y agroindustriales de dos nuevas variedades nacionales, **LAICA 07-20** y **LAICA 07-26**, generadas por el Programa de Variedades de DIECA, las cuales se estarán poniendo a disposición de los productores de la Región del Valle Central, aumentando de esta forma las opciones varietales disponibles.

Estas variedades fueron seleccionadas inicialmente en el año 2007 de plántulas procedentes de semilla sexual, sembradas en el área experimental que mantiene Coopevictoria en su convenio con LAICA

(DIECA). El proceso de fases de evaluación y selección también se siguió en este mismo lugar, hasta que se llevaron a un ensayo o prueba comparativa que se cosechó cuatro años consecutivos.

Vale la pena resaltar que estas dos nuevas variedades han sido generadas partiendo de cruzamientos genéticos realizados en el país, lo cual convierte a esta línea de selección en una buena alternativa para encontrar variedades mejor adaptadas a las condiciones edafoclimáticas que presentan las regiones cañeras del país.

De parte de la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar, representada por el Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), nos sentimos muy satisfechos en poder ofrecerle estas dos nuevas variedades al sector Cañero - Azucarero Costarricense, esperando que las mismas aumenten el beneficio económico de los productores.

¹/Coordinador Programa de Variedades. *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Teléfonos: (506) 2494-1129 / 2494-2955 / 294-4451 / 2494-7555. E - mail: jduran@laica.co.cr

²/ Programa de Variedades. *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. E - mail: moviedo@laica.co.cr

³/Coordinador Región Valle Central. *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. E - mail: jbolanos@laica.co.cr



LAICA 07-20

Progenitores H 77-4643 x B 76-259

Características morfológicas

Esta variedad se caracteriza por presentar un hábito de crecimiento erecto, capitel medio, con regular cantidad de hojas color verde amarillo, palmito corto y despaje bueno. La vaina es de tamaño corto de color verde claro, con regular cantidad de cera y no presenta pelos.

El tallo muestra un leve zigzaguo con entrenudos cortos de forma cilíndrica, el despaje es muy bueno, el diámetro medio (2,6 cm). El color del tallo expuesto al sol es amarillento y no expuesto verde. La yema es de forma triangular, mediamente prominente, de tamaño y ancho medio, sobrepasando levemente el anillo de crecimiento y muestra depresión de la yema de tamaño medio.



Figura 1
Apariencia típica de la zona del verticilo caulinar (cogollo) del tallo de la variedad LAICA 07-20



Figura 2
Detalle de la yema axilar de la variedad LAICA 07-20.

Características agroindustriales

La variedad **LAICA 07-20** exhibe una buena brotación de hijos, rápido crecimiento y al momento de cosecha alcanza alrededor de 14 tallos molederos por metro lineal de surco, su contenido de fibra oscila entre un 13 y 14 por ciento. A nivel experimental en la Región del Valle Central (Grecia), en la última fase de selección y luego de cuatro cosechas, ha sido superior agroindustrialmente al mejor testigo utilizado RB 86-7515 (Figura 3). Esta variedad **LAICA 07-20** produjo en promedio 128,57 toneladas de caña por hectárea (6,41% más que el testigo), con un rendimiento de azúcar

de 119,33 kilogramos por tonelada (3,29 % más que el testigo) y 15,34 toneladas de azúcar por hectárea (9,88% más que el testigo).

En la región del Valle Central no se le ha observado floración y en cuanto a comportamiento fitosanitario, la misma ha mostrado ser tolerante o resistente a las principales enfermedades presentes.

Con estas características de crecimiento rápido y porte erecto se recomienda sembrarla en suelos de fertilidad media y contenidos adecuados de humedad.

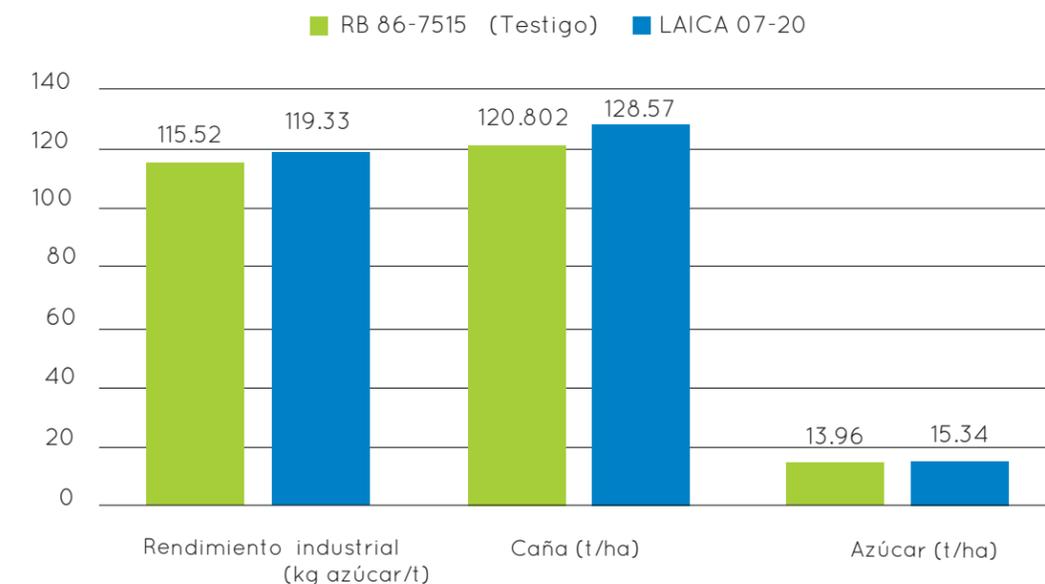


Figura 3
Resultados agroindustriales promedio de cuatro cosechas de la variedad LAICA 07-20 en comparación con la RB 86-7515, CoopeVictoria Grecia, Costa Rica. 2016.



Variedad LAICA 07-26

LAICA 07-26 Progenitores H 77-4643 x B 76-259

Características morfológicas

Esta variedad se caracteriza por presentar un hábito de crecimiento erecto, capitel medio, con regular cantidad de hojas color verde amarillo, palmito corto y despaje bueno. La vaina es de tamaño corto de color verde claro, con regular cantidad de cera y no presenta pelos.

El tallo muestra un leve zigzaguo con entrenudos cortos de forma cilíndrica, el despaje es muy bueno, el diámetro medio (2,6 cm). El color del tallo expuesto al sol es amarillento y no expuesto verde. La yema es de forma triangular, mediamente prominente, de tamaño y ancho medio, sobrepasando levemente el anillo de crecimiento y muestra depresión de la yema de tamaño medio.



Figura 4
Apariencia típica de la zona del verticilo caulinar (cogollo) del tallo de la variedad LAICA 07-26.



Figura 5
Detalle de la yema axilar de la variedad LAICA 07-26.



Características agroindustriales

La variedad **LAICA 07-26** presenta una alta productividad agrícola e industrial, debido a su excelente germinación y rápido crecimiento, alcanza al momento de la cosecha un total de 14 tallos molederos por metro lineal de surco, no florece, y su contenido de fibra es de alrededor del 13%.

En el Figura 6 se presentan los rendimientos en cuanto a toneladas de caña por hectárea y los kilogramos de azúcar por tonelada de la LAICA 07-26 en comparación con la variedad comercial RB 86-7515 (testigo). Esta información corresponde a los datos promedio de cuatro cosechas de una prueba comparativa ubicada en la región del Valle Central específicamente en CoopeVictoria, Grecia. En promedio la LAICA 07-26 produjo 130,72 toneladas de caña por hectárea, 128,95 kilogramos de azúcar por tonelada y 16,86 toneladas de azúcar por

hectárea; superando a la RB 86-7515 en un 8,1% en producción de caña y un 20,77% más de azúcar.

La curva de madurez realizada a esta variedad indica que se puede cosechar a mitad de zafra, sin embargo si se cosecha un poco más tarde, su concentración tiende a aumentar aún más.

En la localidad de Grecia no se le observa floración y los tallos no muestran acorchamiento. Con estas características de crecimiento rápido, erecta, se recomienda sembrarla en suelos de fertilidad media que mantengan adecuados contenidos de humedad.

En lo que respecta al comportamiento fitosanitario, la misma ha mostrado ser tolerante o resistente a las principales enfermedades presentes en la región.

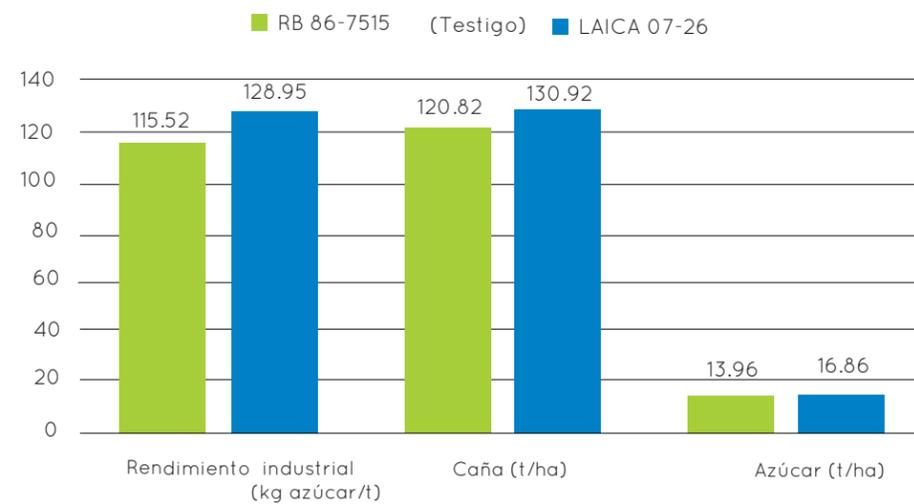


Figura 6

Resultados agroindustriales promedio de cuatro cosechas de la variedad de caña de azúcar LAICA 07-26 en comparación con la RB 86-7515, en el Valle Central, CoopeVictoria, Grecia, Costa Rica. 2016.

Al establecer las curvas de madurez de ambas variedades (Figura 7) se observa un comportamiento creciente en el acúmulo de sacarosa en la variedad LAICA 07-26 con un periodo de molienda amplio. La variedad LAICA

07-20 presentó muy buenos rendimientos, madura en el último tercio de la zafra y en el mes de abril, presento 126,3 Kg de azúcar por tonelada de caña, siendo este el rendimiento más alto conseguido.

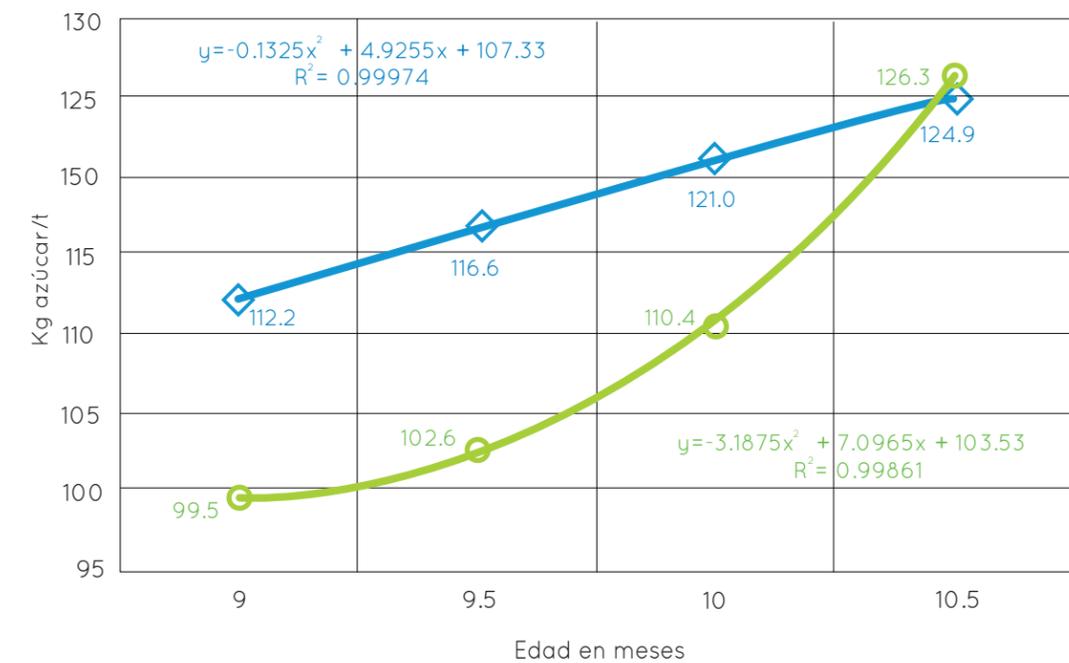


Figura 7
Curva de madurez de las variedades LAICA 07-20 y LAICA 07-26
Región Valle Central, Grecia, Costa Rica. 2014.



Aplicación del índice de madurez de la caña como criterio de cosecha: un método sencillo con un fundamento fisiológico sólido y un enfoque práctico.

Jeffrey Araya Blanco¹, Edilberto Alpizar Oviedo², Willy Valverde Araya³, Erick Chavarría Soto⁴

Resumen

en esas dos importantes áreas de gestión Se realizó un estudio exploratorio en la Región Sur de Costa Rica determinando el índice de madurez (IM) de la caña de azúcar previo a la zafra 2014 - 2015, los valores se contrastaron con los obtenidos del análisis de laboratorio del contenido de azúcar recuperable en el jugo de los tallos. Los datos se analizaron para definir un indicador de IM aceptable y utilizable como referencia para la toma de decisiones para la cosecha. Se determinó que el IM a partir del cual es recomendable la cosecha de la caña en la Región Sur es de 0,80.

La maduración desde el punto de vista fisiológico, de estructura y función, está asociado a los frutos y es un conjunto de procesos asociados con la adquisición de tamaño y la transformación cualitativa de los tejidos involucrando el ablandamiento de los mismos, conversiones hidrolíticas de los materiales de reserva, cambios de pigmentos, coloraciones, sabores y desaparición de sustancias astringentes. La energía para que se realicen estos procesos proviene de la respiración climatérica que estimula un elemento clave que es el aumento en la concentración de etileno por los tejidos (Flores-Vindas, 2013).

Introducción

Madurez de la caña de azúcar

El concepto de madurez en caña de azúcar difiere del fundamento teórico otorgado al proceso de cambios coordinados y complejos de diferenciación orgánica que sufren los frutos de las plantas y que son programados genéticamente.

En 1989 Silva y otros autores (citado por Braganti Toppa et al, 2010) establecen que la maduración de la caña de azúcar puede considerarse desde dos puntos de vista: botánico y fisiológico. El botánico supone que la caña está madura luego de la emergencia de la inflorescencia y la producción de semillas listas para originar nuevas plantas; por otro lado, se puede decir que la caña está fisiológicamente madura cuando el tallo ha llegado a su punto máximo de almacenamiento de azúcar.

¹y³ Departamento Agrícola, CoopeAgri R.L.

² Laboratorio de Análisis de Caña. Ingenio El General, CoopeAgri R.L.

⁴ Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA).



Bull (2010) confirma, concuerda y reafirma el concepto de Silva et al (1989), explicando que el tallo de la caña de azúcar es un órgano también de almacenamiento los azúcares, y que constituye un sumidero segmentado por los entrenudos que acumula el azúcar producido en las hojas adyacentes, y que además el proceso de maduración es un proceso reversible en el que el azúcar almacenado puede ser distribuido o redirigido por procesos de partición de asimilados según la planta lo necesite. Ésta constituye la mayor diferencia con el concepto de maduración de los frutos porque en estas estructuras de la planta el proceso no es reversible, más bien culmina con la senescencia del fruto, de aquí que se puede decir que independientemente del punto de vista, la “maduración de la caña de azúcar” es un concepto agronómico que refleja el estado en el que la planta alcanza la mayor concentración de sacarosa extraíble en el tallo para la obtención del rendimiento máximo del cultivo.

Bull (2010) y Van Heerden et al (2014) describen el proceso de “maduración natural” de la caña como una compleja sucesión de eventos que empieza con la síntesis de azúcares en las hojas de la planta y su transporte hacia los tallos, donde cada entrenudo funciona como una “bodega” para el almacenamiento de azúcares. Cada entrenudo completa su “capacidad de almacenamiento” para el momento en que la hoja que tiene adyacente senesce y muere, debido en gran parte a que el acúmulo de azúcares en el entrenudo reducen la demanda promoviendo la disminución de la tasa de fotosíntesis en la hoja contigua y su eventual muerte (McCormick, 2008), a esta interacción de la hoja con el tallo se le llama relación fuente - sumidero donde la hoja constituye la fuente de azúcares y el sumidero es cualquier órgano de la planta que demande azúcares, ya sea para metabolizarlos o para almacenarlos.

En esta secuencia de eventos, los entrenudos de la parte baja del tallo “maduran primero” mientras que los de la parte superior continúan creciendo al mismo tiempo. Conforme el tallo se desarrolla se

van agregando más entrenudos y progresivamente van “madurando” aumentando su concentración de azúcar.

Convenientemente la cosecha de la caña de azúcar se ha hecho coincidir con una serie de acontecimientos que favorecen la concentración de azúcares en los tallos, tal como el desplazamiento de agua dentro del tallo debido al aumento en la cantidad de fibra, la emergencia de la inflorescencia (verolís) en algunos casos, la pérdida de humedad de la planta debido a la reducción en el agua disponible y la consecuente absorción por las raíces. La combinación de estos factores, especialmente la reducción de la humedad combinados con periodos de bajas temperaturas, restringen el desarrollo del vástago y reducen la tasa de respiración de crecimiento, mientras que la fotosíntesis no se ve tan afectada, lo que genera una mayor disponibilidad de azúcares que la aparente demanda, lo que favorece la transformación de azúcares simples en sacarosa para su posterior almacenamiento (Bull 2010; Van Heerden et al 2014).

Determinar el grado de madurez de la caña, o mejor dicho, el pico máximo de concentración de azúcar en el tallo constituye un criterio importante para precisar el momento de la cosecha. Dos variables se vuelven fundamentales en este sentido, y son el brix y el pol.

Grados Brix (°Bx)

Se define como la concentración en gramos (g) de solutos por 100 g de solución a una temperatura específica. El índice refractométrico es lo que actualmente se acepta como estimación de los grados Brix y su valor se conoce como Brix Refractométrico (BSES 1970). En el jugo de la caña el °Bx corresponde a la sacarosa más otras impurezas en la solución.

Polarimetría o Pol

Se define como la concentración en gramos (g) de

sacarosa por 100 g de solución a una temperatura específica (BSES 1970). Este valor discrimina otras impurezas y refleja la concentración aparente de sacarosa en el jugo de la caña.

Índice de Madurez

Una de las mayores limitaciones, tanto para productores como para los profesionales en ciencias agrícolas vinculados a la actividad azucarera, es el poder aplicar criterios sencillos, prácticos, expeditos y precisos para estimar el contenido de sacarosa de la caña y su estado de madurez con la utilización de instrumentos de campo, y sin la necesidad obligada de llevar muestras a algún laboratorio.

En el mercado existen diversos equipos portátiles que permiten medir el °Bx sin necesidad de llevar la muestra al laboratorio, la incógnita está en que no se puede estimar el estado de madurez de la caña debido a que una lectura simple no brinda mayor información que la cantidad de solutos en el jugo de la caña. También hay disponibilidad de equipos portátiles para medir Pol en el campo, pero el caso es el mismo que con el °Bx debido a que una lectura simple no permite establecer si la caña ya está en el pico máximo de concentración de sacarosa.

El índice de madurez es un criterio propuesto por Viswa Nath y Kasinath en 1935 que consiste en la determinación del °Bx jugo de la caña en los tercios inferior y superior de los tallos; luego se calcula el índice de madurez al dividir el valor del tercio superior por el del tercio inferior. Generalmente los valores de °Bx en el tercio superior son menores que los del tercio inferior, por lo que la relación o el índice da como resultado valores menores a 1,0; entre más se acerque la relación a 1,0 mayor es la concentración de solutos en los tallos. Este criterio está vigente hoy día, y ha sido citado, evaluado, empleado y recomendado por muchos autores alrededor del mundo como un criterio sencillo de medir y que permite obtener una idea del estado

de los tallos en cuanto a la concentración máxima de azúcares.

Este trabajo tiene como objeto el de emplear el índice de madurez como indicativo de la concentración de azúcares en los tallos de la caña de azúcar, y como referencia para establecer un parámetro práctico útil para los técnicos de campo para determinar el valor óptimo del índice de madurez a partir del cual es recomendable cosechar la caña de azúcar.

Metodología

El estudio se llevó a cabo durante la zafra 2014 - 2015 en la Región Sur de Costa Rica que comprende los cantones de Pérez Zeledón (provincia de San José) y Buenos Aires (provincia de Puntarenas).

El trabajo práctico consistió en la toma de muestras compuestas por 10 tallos molederos en plantaciones comerciales de caña de azúcar para la determinación del índice de madurez (IM) a partir de lecturas de °Bx refractométrico (°BxR), aplicando la metodología de Viswa Nath y Kasinath (1935) y empleando un refractómetro portátil.

Las mismas muestras evaluadas para IM se llevaron al laboratorio del Ingenio El General, CoopeAgri R. L., donde fueron analizadas siguiendo el procedimiento oficial para el análisis de la caña para determinar la calidad descrito en el Reglamento Ejecutivo de la Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar (Decreto N° 28665, 1998), para estimar las variables de calidad y el contenido de azúcar 96° Pol recuperable por tonelada métrica de caña (kg azúcar/tm).

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante la metodología de correlación de Cate y Nelson (1971) para la determinación del valor de IM obtenido en el campo por encima del cual existe la mayor probabilidad de obtener concentraciones de sacarosa concordantes con la mejor concentración de azúcares en el tallo. Las muestras se segregaron en caña planta y soca, pero no se realizaron comparaciones entre variedades. Los datos del Cuadro 1 detallan la cantidad de muestras analizadas según el tipo de plantación y las variedades.

Cuadro 1
Total de muestras y variedades analizadas por tipo de plantación para el estudio de la correlación entre el índice de madurez (IM) de la caña de azúcar y el contenido de sacarosa 96° Pol recuperable en la Región Sur, Costa Rica

Variedades	Tipo de plantación		Total
	Planta	Soca	
B 89-1351	60	60	120
LAICA 03-805	53	57	110
LAICA 04-825	42	42	84
LAICA 05-802	41	21	62
Q 96	78	56	134
Total	274	236	510

Resultados

El valor obtenido de índice de madurez (IM) se puede interpretar como la proporción de sólidos en el jugo de la caña en la parte alta o tercio superior del tallo, en relación a la contenida en la base o tercio inferior, obtenido mediante la lectura directa en el campo de grados Brix refractométrico (°BxR) de una muestra de jugo de la caña. Una lectura hipotética de IM 0,82 lo que significa es que el °BxR superior contiene el 82% de solutos con respecto al °BxR. Valores de IM superiores a 1,0 implican que el °BxR superior es mayor al inferior, que podría darse por estados de deshidratación importantes de la planta debido a que la sección apical del tallo es más susceptible a deshidratarse más rápido en condiciones de déficit de agua en comparación a las secciones inferiores, y no necesariamente a la inversión de la sacarosa a azúcares reductores simples.

Los datos del Cuadro 2 revelan que las diferentes variedades tienen marcada influencia sobre la variabilidad en el resultado del IM y también en el resultado final del contenido de azúcar recuperable, debido a que constituye una característica intrínseca de la variedad donde por ejemplo se puede notar en el Cuadro 2 que en promedio la variedad Q 96 con un IM más bajo (0,8571) muestra contenidos de azúcar extraíble mayores que la LAICA 03-805, que es la que más se le acerca en contenido de sacarosa con un IM de 0,9209; en consecuencia se podría decir que la Q 96 tienen un mayor potencial de aumento de la concentración de azúcar que la LAICA 03-805 para el momento del estudio, lo que estaría muy influenciado por los hábitos de madurez de las diferentes variedades.

recuperable entre la caña planta y la caña soca aunque los IM son prácticamente iguales (0,8149 y 0,8273 respectivamente), y ambos no se alejan mucho del IM promedio general (0,8207). Esta diferencia podría originarse en el leve desfase que

sufre la plantación de caña planta en relación a la caña soca, debido a la cosecha a un ciclo menor de 12 meses como resultado de las fechas de siembra que ya están establecidas y definidas por el inicio de la temporada de lluvias.

Cuadro 2
Valores de índice de madurez (IM) y el contenido de sacarosa 96° Pol recuperable por tonelada métrica de caña (kg azúcar/tm) obtenido para las diferentes variedades y por tipo de plantación en la Región Sur, Costa Rica.

Variedades	Caña planta		Caña soca		General	
	IM	kg azúcar/tm	IM	kg azúcar/tm	IM	kg azúcar/tm
B 89-1351	0,7487	98,34	0,7399	96,68	0,7443	97,5116
LAICA 03-805	0,9209	113,05	0,9004	112,82	0,9103	112,9304
LAICA 04-825	0,7564	103,28	0,7716	113,67	0,7640	108,4785
LAICA 05-802	0,7545	96,58	0,8233	113,99	0,7778	102,4741
Q 96	0,8571	117,00	0,8901	118,52	0,8709	117,6350
Promedios	0,8149	106,99	0,8273	110,32	0,8207	108,5341
Desviación estándar	0,1132	19,60	0,1169	19,11	0,1150	
Coefficiente de variación	13,89	18,32	14,12	17,32	14,01	17,90

La relación entre el IM y el contenido de sacarosa en los jugos de la caña se representa gráficamente en la Figura 1 para las muestras provenientes de plantaciones de caña planta. El sistema de Cate y Nelson (1971) permite establecer un valor de referencia del IM (IMr) a partir del comportamiento de las variables IM y contenido de azúcar recuperable. Al proyectar gráficamente líneas paralelas a los ejes y que se intersecten en el valor del IMr estimado (Figura 1), se forman cuatro cuadrantes que convergen en el vértice que corresponde al valor de IMr. Estos cuadrantes posicionan los datos en cuadrantes positivos y cuadrantes negativos.

Se denominan cuadrantes positivos a los cuadrantes donde los datos muestran valores concordantes, en los que para el caso específico de este trabajo, altos IM correspondan con altos valores de azúcar recuperable o viceversa; por otro lado en los cuadrantes negativos se agruparían los valores "inconsistentes". El sistema de Cate y Nelson (1971) busca posicionar la mayor cantidad de datos en los cuadrantes positivos, tomando en cuenta la dispersión de los puntos para el cálculo de un coeficiente de determinación (R^2) que va a presentar su máximo valor en el par IM - concentración de azúcar que



constituirá el IMr. La Figura 2 presenta el comportamiento para las muestras obtenidas a partir de caña soca, y la Figura 3 los que corresponden al comportamiento general de las variables independientemente del tipo de plantación.

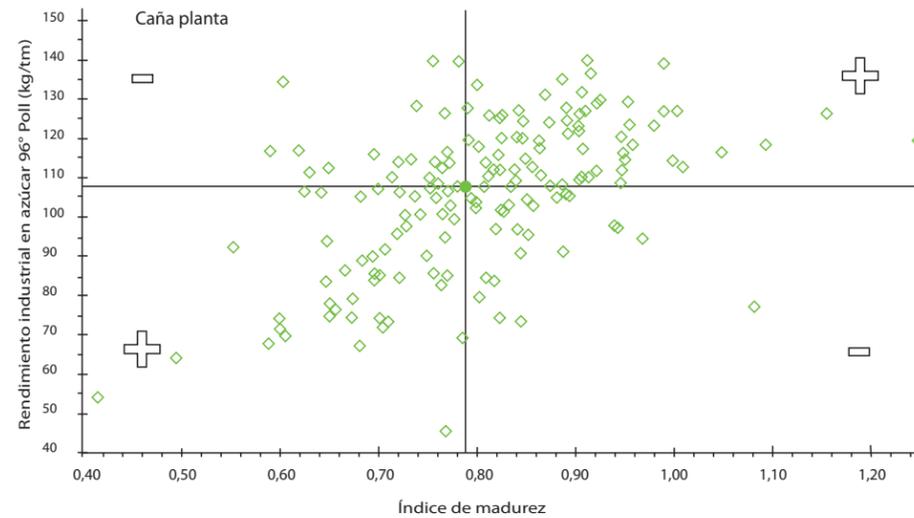


Figura 1

Distribución del contenido de azúcar 96° Pol recuperable por peso en la caña de azúcar (kg/tm) en función del índice madurez (IM) estimado a partir de datos de campo en plantaciones comerciales de caña planta en la Región Sur, Costa Rica. Las líneas que cruzan los ejes indican el IM de referencia obtenido por el método de Cate y Nelson (1971).

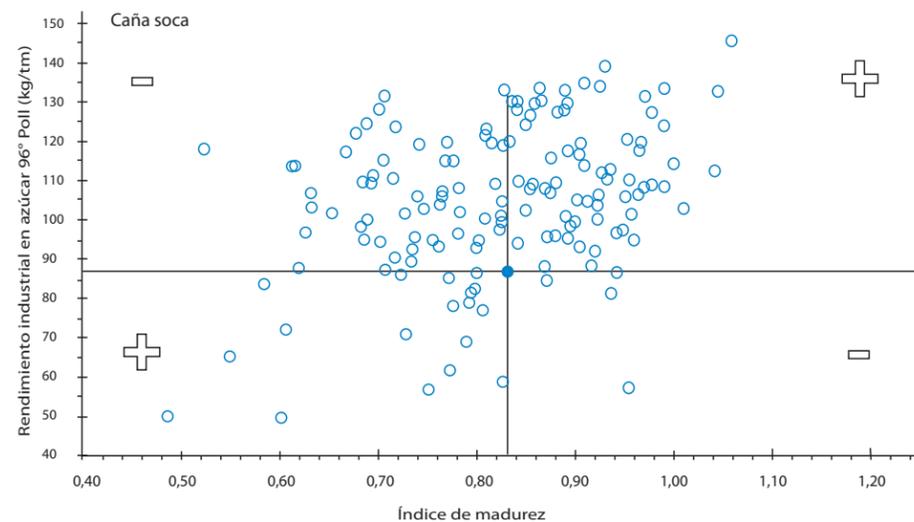


Figura 2

Distribución del contenido de azúcar 96° Pol recuperable por peso en la caña de azúcar (kg/tm) en función del índice madurez (IM) estimado a partir de datos de campo en plantaciones comerciales de caña soca en la Región Sur, Costa Rica. Las líneas que cruzan los ejes indican el IM de referencia obtenido por el método de Cate y Nelson (1971).

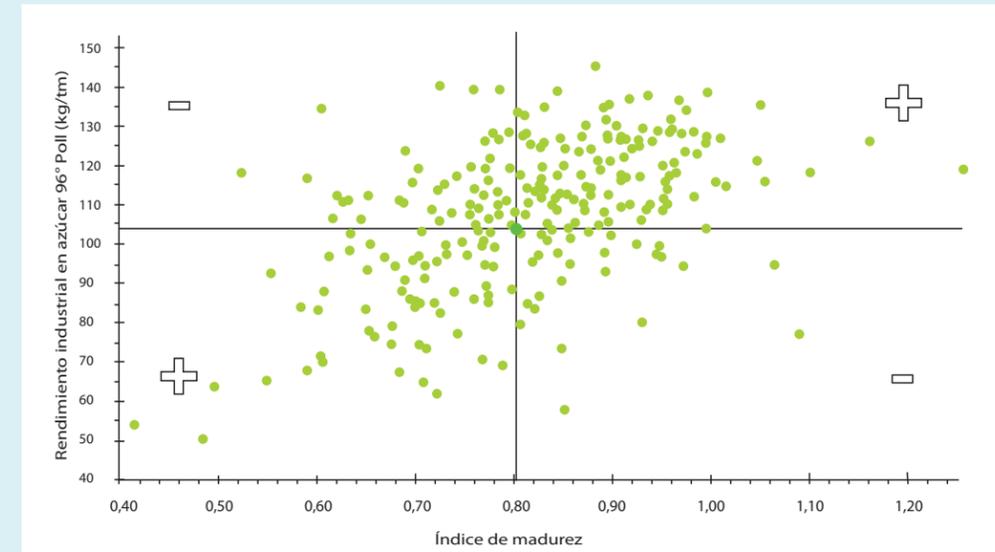


Figura 3

Distribución del contenido de azúcar 96° Pol recuperable por peso en la caña de azúcar (kg/tm) en función del índice madurez (IM) estimado a partir de datos de campo en plantaciones comerciales de caña en la Región Sur, Costa Rica. Las líneas que cruzan los ejes indican el IM de referencia obtenido por el método de Cate y Nelson (1971).

El Cuadro 3 resume los valores que se muestran gráficamente en las figuras de la 1 a la 3. Para el grupo de muestras que provienen de plantaciones de caña planta, el valor máximo de R de Cate y Nelson concuerda con el par IM - concentración de azúcar de 0,7895 - 107,83 que constituye el IMr, donde según el comportamiento observado a partir de los resultados, hay una probabilidad de 42,34% de que las muestras estén por arriba de este valor y un 25,18% de probabilidades de que estén por debajo, por diferencia se infiere que hay un 32,48% de probabilidades de que los valores muestren resultados inconsistentes. También se puede observar en el Cuadro 3 los valores calculados para las muestras de caña soca, y el correspondiente a los valores generales sin tomar en cuenta el tipo de plantación. Llama la atención que el valor de IMr para caña planta sea menor al de caña soca, lo que podría tener explicación en el leve desfase debido a las siembras de renovación que se deben hacer al inicio de las lluvias lo que

puede restarle tiempo para el desarrollo de cultivo. No sorprende que el IMr general quedara en medio del ámbito entre el de caña planta y soca, dado el margen de diferencia entre ambos. Debido a que el valor de IMr para caña soca (0,8315) coincidió con un nivel de azúcar en caña considerado bajo para la región (87,05 kg/tm), no conviene tomarlo en cuenta como valor de referencia debido a que podría llevar a conclusiones erróneas, especialmente si se compara con el valor del promedio aritmético para la caña soca de 110,32 kg/tm, con un IM promedio de 0,8273 y que se muestran en el Cuadro 2.

El valor de IMr 0,8000 obtenido a nivel general que se observa en el Cuadro 3 podría ser un buen valor de IM a partir del cual se podría llevar a cabo la toma de decisiones para la cosecha.

El Cuadro 4 muestra una comparación entre los R^2 calculados para modelos de regresión de mejor ajuste y el calculado por el sistema de Cate y Nelson (1971). La dispersión de los datos no permiten el ajuste a un modelo matemático con fines predictivos a partir de la determinación del IM, y los bajos valores del R^2 observados así lo demuestran. Los R^2 de Cate y Nelson reflejan baja magnitud también debido a la dispersión de los datos, similar a la obtenida por los modelos matemáticos, pero la metodología permite definir el valor de referencia en la que se espera una mayor probabilidad de ocurrencia de un valor determinado.

Cuadro 3
Resultados del análisis de correlación por Cate y Nelson (1971) para la determinación del índice de madurez de referencia (IMr).

Plantaciones	IMr	kg azúcar/tm	R^2	Cantidad de muestras			
				Arriba del IMr		Abajo del IMr	
Caña planta	0,7895	107,83	0,2111	116	42,34%	69	25,18%
Caña soca	0,8315	87,05	0,1228	119	50,42%	19	8,051%
General	0,8000	104,13	0,2046	226	44,31%	107	20,98%

Cuadro 4
Comparación de los coeficientes de determinación (R^2) obtenidos por análisis de regresión habitual con los coeficientes de determinación estimados por el método de Cate y Nelson (1971).

Plantaciones	Modelo	Ecuación de la regresión	R^2	R^2 Cate & Nelson
Caña planta	Cuadrático	$y = -132,38x^2 + 294,51x - 43,58$	0,2902	0,2111
Caña soca	Potencial	$y = 113,68x^{0,4690}$	0,1220	0,1228
Total plantaciones	Potencial	$y = 122,09x^{0,6497}$	0,2961	0,2046

Conclusiones

El proceso de maduración estrictamente hablando se lleva a cabo en frutos y algunas semilla, el órgano de interés económico en la planta de caña de azúcar es el tallo, los cuales no maduran sino que concentran azúcares desde la base hacia la punta, por lo que en la base es donde se presenta la mayor concentración y en consecuencia valores de °BxR más altos que en el tercio superior. El término madurez o maduración en caña de azúcar es un concepto agronómico que se refiere o describe la evolución de la concentración de azúcares en los tallos hasta llegar a un valor o punto máximo que puede estimarse mediante la estimación del IM.

Los valores de concentración de azúcar asociados a un determinado rango de IM van a estar intrínsecamente relacionados con la capacidad de cada variedad, por lo que van a diferir en magnitud influenciados diversos factores climáticos y agronómicos, mientras que el IM va a estar mayormente influenciado por el hábito de madurez de la caña.

Por la poca diferencia entre los IMr entre caña planta y soca con respecto al IMr general o promedio, no vale la pena establecer IMr's diferenciados por tipo de plantación; valdría más la pena realizarlo por variedades con una cantidad de datos mayor por cada variedad.

Basado en el comportamiento de los datos y en los resultados obtenidos el valor de IMr de 0,80 constituye un valor a partir del cual se puede esperar un buen resultado en lo que se refiere a la obtención de una adecuada concentración de azúcar en la caña al momento de la cosecha, pero no se recomienda predecir valores absolutos de concentración de azúcar a partir de este valor, solamente es un indicativo del estado de madurez de la caña al momento de la medición del °BxR en los tallos.

Literatura citada

- Braganti Toppa, EV.; Junior Jadoski, C.; Julianetti, A., Hulshof, T., Orika Ono, E. 2010 Physiology aspects of sugarcane production. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia* 3(3):223 - 230.
- BSES (Bureau of Sugar Experiment Stations). 1970. Laboratory manual for Queensland sugar mills. 5 ed. Brisbane, Australia. Watson, Ferguson and Company. 253 p.
- Bull, T. 2000. The sugarcane plant. In manual of cane growing (en línea). Hogarth, DM.; Allsopp, P. (eds.). Queensland, Australia. BSES (Bureau of Sugar Experiment Stations). p 71 - 89. Consultado: octubre 2016. Disponible en: http://www.sugarcane.com.au/icms_docs/166939_Chapter_4_The_Sugarcane_Plant.pdf.
- Cate, RB.; Nelson, LA. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. *Soil Science Society of America Proceedings* 35:658 - 660.
- Decreto N° 28665, 1998. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) Reglamento ejecutivo de la ley orgánica de la agricultura e industria de la caña de azúcar N° 7818 LAICA (Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. 1998. Diario Oficial La Gaceta. Costa Rica. 2 de septiembre.
- Flores Vindas, E. 2013. La planta: estructura y función. 4 ed. Castillo, M.; Retana, P. (eds.). Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 884 p.
- McCormick, AJ.; Cramer, MD.; Watt, DA. 2008. Culm sucrose accumulation promotes physiological decline of mature leaves in ripening sugarcane. *Field Crops Research* 108:250-258.
- Van Herdeen, PDR.; Eggleston, G.; Donalson, R. 2014. Ripening and postharvesting deterioration. In *Sugarcane physiology, biochemistry and functional biology*. Boone, PH; Botha, FC. (eds.). New Delhi, India. Wiley. p 55 - 84.
- Viswa Nath, B.; Kasinath, S. 1935. The top/bottom ratio method for determining the maturity of sugar cane (en línea). *Proceedings Congress (5) ISSCT (International Society of Sugar Cane Technologist)*. p. 172 - 189. Consultado: octubre 2016. Disponible en: <http://www.issct.org/pdf/proceedings/1935/1935%20Nath,The%20top-bottom%20ratio%20method%20for%20determining%20the%20maturity%20of%20sugar%20cane.pdf>.



Dale a **tu vida** movimiento

Practicá algún deporte, paseá al perro o visitá a tus amigos. Salí al mundo a ejercitar tu mente y cuerpo disfrutando cada momento.

Nos inspira verte vivir bien.



LAICA