

ORGULLOSOS DE IMPULSAR AL PAÍS CON NUESTRO TRABAJO

ORGULLOSOS
DE SER CAÑEROS



100%
TICO

Busque el sello en los productos 100% ticos.
LAICA 75 Años contribuyendo con dulzura
y esfuerzo para el desarrollo de todo un país.



REVISTA Entre Cañeros



CON QUIÉNES SE VINCULA DIECA TECNOLÓGICAMENTE

Evaluación de 18 variedades de caña en un suelo Ultisol en la región de Los Chiles, Alajuela

Evaluación de la densidad de siembra de plántulas in vitro en semilleros básicos de caña



PRESENTACIÓN

Seguimos manteniendo activamente nuestro esfuerzo de generar información sobre el acontecer del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) de la Liga de Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), a través de este medio que ponemos a disposición del sector agrícola en general y especialmente al gremio azucarero.

En esta ocasión hacemos de su conocimiento las vinculaciones que ha tenido LAICA a través de DIECA con otras organizaciones dedicadas a la investigación y el desarrollo en temas agrícolas referentes a la producción de caña de azúcar. Igualmente se mencionan otras relaciones formales con instituciones que brindan apoyo a LAICA en otros temas importantes, que tienen trascendencia para el sector azucarero y la gestión de esta importante organización.

En el campo del desarrollo de alternativas varietales de caña de azúcar, principal y más importante campo de trabajo de este departamento, les presentamos los resultados de una prueba de competición realizada en la Región Norte con

resultados interesantes y reveladores. Asimismo en esta misma área de acción, damos a conocer en una nota técnica una actualización del comportamiento de un grupo importante de variedades de caña ante el ataque de la enfermedad conocida como la roya naranja (*Puccinia kuehnii*), información que les puede ser de utilidad para la previsión y toma de decisiones.

Como un tema importante para la adopción de prácticas de cultivo, les incluimos en esta ocasión los resultados de una investigación realizada con el objetivo de determinar la distancia de siembra más conveniente para el establecimiento de semilleros a partir de almácigo *in vitro* de caña de azúcar, datos que sabemos que les pueden resultar de interés y utilidad.

Agradecemos el interés que ponen en nuestras publicaciones y esperamos llenar sus expectativas. Seguiremos trabajando para mantener este medio como un portal alternativo de información, complementario a las diferentes labores de capacitación y transferencia que LAICA realiza en su ámbito de acción.

Ing. Agr. Erick Chavarría Soto.
Coordinador Comité Editorial.



Almanaque:

25 de mayo de 1982: fecha de constitución del órgano director que se conoció como la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) mediante convenio entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y LAICA, con una Junta Directiva conformada por los siguientes miembros:

Por LAICA:

Lic. Adolfo Shadid Chaina, Secretario Ejecutivo.

Por FEDECAÑA:

Domingo García Villalobos, propietario.
Rodolfo Downing Salter, suplente.

Por CÁMARA AZUCAREROS:

Mario Miranda Arrinda, propietario.
Arturo Rojas Vega, suplente.

Por el MAG:

Álvaro Cordero Rojas, Viceministro Agricultura y Ganadería en turno.
Eladio Carmona Beer, propietario.
Franklin Aguilar Quirós, suplente.

El convenio se mantuvo vigente hasta el 31 de diciembre de 1994, fecha en la que el gobierno de Costa Rica decidió finiquitarlo, asumiendo LAICA en su totalidad el compromiso de la investigación, asistencia técnica y la capacitación en el campo agrícola con la creación del que hoy se denomina Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, manteniendo el acrónimo original de DIECA como reconocimiento al renombre ganado tanto en el ámbito nacional como internacional.

Contenido

Presentación1

Con quiénes se vincula institucionalmente

DIECA en materia tecnológica4

Evaluación de 18 variedades de caña de azúcar durante 3 cosechas en un suelo Ultisol en la Región de Los Chiles de

Alajuela.....12

Evaluación de la densidad de siembra de plántulas *in vitro* en el establecimiento de

semilleros básicos en caña de azúcar.....26

Actualización de la reacción a la Roya naranja de las principales variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar en ciclo de caña planta

en Costa Rica36

Revista Entre Cañeros
Número 4, 30 de abril 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."



Sección Editorial

¿Con quiénes se vincula y relaciona institucionalmente DIECA en materia tecnológica?

Marco A. Chaves Solera¹

Introducción

El desarrollo de una agricultura sostenible y competitiva en el sector azucarero nacional, debe necesariamente tomar en consideración y ser capaz de integrar y articular mecanismos de carácter organizativo, económico, tecnológico, productivo y funcional, entre otros; que logren agilizar y optimizar el proceso de transformación requerido realizar en todos los aspectos posibles para inducir en el corto plazo el cambio necesario y por todos esperado.

En este contexto de globalización, las relaciones inter sectoriales e inter institucionales, tanto en la esfera nacional como internacional, ocupan una dimensión central y principal como uno de los elementos dinamizadores que trazan y facilitan la ruta para alcanzar los niveles de productividad y competitividad deseados y objetivamente alcanzables, en concordancia con nuestra realidad y capacidad nacional.

Como es conocido, la agroindustria azucarera costarricense es muy diferente a la de otras naciones, pues mantiene una estructura de tenencia de la tierra y componente social muy particular, que la moviliza en un marco de relaciones de producción muy heterogénea en que participan, interaccionan y conviven una diversidad de sujetos agrarios y empresariales provistos de concepciones, capacidades y necesidades múltiples y diferentes.

El Cuadro 1 expone y desagrega de manera resumida la conformación de la estructura productiva nacional verificada durante la zafra 2014-2015, definiendo los componentes fundamentales vinculados al aporte productivo según procedencia y calidad industrial de la materia prima procesada, así como la participación social, que asociados a la dispersión del cultivo en seis regiones productoras muy diferentes, revelan la heterogeneidad predominante en todos los órdenes.

Esta heterogeneidad genera demandas y necesidades muy diferentes tanto entre como intra regiones.

Como se infiere de ese cuadro, en esa zafra en particular los Productores Independientes que representaron el 99,33% de las unidades productivas (entregadores de caña), aportaron la materia prima que permitió fabricar el 29,08% del total del azúcar nacional; en tanto que los 13 Ingenios (0,17%) entregaron la caña a partir de la cual se elaboró el 62,45% del azúcar costarricense. Como se concluye, la calidad de la materia prima aportada por los productores fue en promedio 3,12 kg/t (3,0%) superior a la de los ingenios. El segmento de los Productores No Independientes aportó la caña que fabricó el 8,48% del total del azúcar del país.

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.

Cuadro 1.

Distribución de la producción agroindustrial según sector productivo. Zafra 2014-2015.

SECTOR PRODUCTIVO	CAÑA MOLIDA		AZÚCAR PRODUCIDA		RENDIMIENTO AZÚCAR (Kg/TMC)	PRODUCTORES	
	TM	%	TM	%		NO.	%
Independientes	1.254.670	28,37	135.416	29,08	107,93	7.514	99,33
No Independientes ^{1/}	393.032	8,89	135.416	8,48	100,43	38	0,50
Caña Propia (Ingenios)	2.774.748	62,74	290.815	62,45	104,81	13	0,17
TOTAL	4.422.451	100,00	465.702	100,00	105,30	7.565	100,00

Fuente: CHAVES SOLERA, M.; BERMÚDEZ ACUÑA, L.; MENDEZ PÉREZ, D. 2015. **Análisis de resultados agroindustriales finales de la zafra 2014-2015.** Boletín Informativo "Conexión", Número 9, Enero-Diciembre 2015, LAICA, San José, Costa Rica. 31 p.

1/ Entregas mayores a 5.000 TM de caña según Ley LAICA N° 7818 de 1998.

Principios generales

Entre los objetivos y enunciados fundamentales que regulan y operan las relaciones entre DIECA y sus contrapartes, se tienen las siguientes:

- 1) Promover, fomentar y ejecutar las acciones que demande la vinculación y relaciones tanto en el ámbito interno institucional de LAICA, como con los organismos e instituciones nacionales e internacionales, privados o públicos, entidades de investigación, extensión y académicas, vinculadas directa o indirectamente con el sector azucarero y con la comunidad rural en general.
- 2) Desarrollar de manera conjunta iniciativas y proyectos de investigación, innovación y transferencia de tecnología que vayan en favor del sector azucarero costarricense.
- 3) Promover e inducir el intercambio de materiales, productos y resultados de investigación.
- 4) Originar y organizar acciones de integración, comunicación y capacitación entre las distintas organizaciones, mediante reuniones, charlas, encuentros y actividades específicas.
- 5) Proponer, apoyar e impulsar la organización de eventos con el propósito de incrementar y difundir las actividades científicas – técnicas de la agroindustria azucarera costarricense con la comunidad científica, académica y la sociedad como un todo, a fin de afianzar la imagen y consolidar la presencia de LAICA en el medio nacional y externo.
- 6) Recepcionar y difundir la información generada en el ámbito institucional que le soliciten las distintas segmentos de la agro cadena azucarera.
- 7) Coordinar acciones para llevar a cabo en forma planificada y organizada la transferencia y difusión del conocimiento y aporte institucional al usuario del sistema.

Relaciones estratégicas

Una de las áreas importantes de gestión estratégica que desarrolla DIECA a través de LAICA de manera sistemática y continua es la correspondiente a la comunicación y las relaciones interinstitucionales, tanto en el ámbito nacional como internacional, público, privado y académico, la cual opera y desarrolla distintas acciones con el objeto de promover, fortalecer e impulsar los vínculos de colaboración y cooperación, las redes de comunicación y de relación activa y participativa, tanto interna como externa, con otras instituciones y organismos público-privados de investigación e innovación. Se procura con esta iniciativa tejer alianzas y lograr acercamientos con los socios más idóneos para crear equipos capaces de interconectar conocimiento y experiencia que ayuden a las empresas a ser más competitivas, llegar más lejos y a cruzar fronteras en un mundo globalizado.

Las relaciones y vínculos que DIECA ha promovido y

concertado van dirigidos preferencialmente a organismos e instituciones vinculadas con asuntos tecnológicos, de investigación, capacitación y transferencia tecnológica, como también con la prestación de servicios orientados a la promoción productiva. La figura empleada en estas circunstancias es la de Convenios, Acuerdos y Contratos de Cooperación y Colaboración en aspectos genéricos o en su caso muy puntuales y específicos.

El Cuadro 2 detalla los 10 Convenios de alcance internacional suscritos con organismos especializados con la caña de azúcar y vigentes actualmente. Se anotan otros cuatro (INICA-Cuba y CENICAÑA-Colombia, RIDESA-Brasil y SRA-Australia) que están actualmente (tres primeros) en fase muy avanzada de negociación, ajuste y muy pronto, esperamos, a ser firmados; cabe señalar al respecto, que DIECA tuvo años atrás Convenios suscritos con los dos primeros centros experimentales, razón por la cual, se procura actualmente su renovación.



Cuadro 2.

Estado actual de los Acuerdos y Convenios Cooperativos internacionales vigentes, suscritos y/o negociados por LAICA al 20 de mayo del 2016

N°	País	Sigla	Institución Contraparte	Situación Actual	Suscripción
1	USA-Hawaii	HARC-Hawaii	Hawaii Agriculture Research Center	Activo *	14/05/2002
2	Brasi	CTC	Centro Tecnologia Canavieira	Activo *	20/04/2009
3	Argentina	EEAOC-Tucumán	Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombres"	Activo	11/07/2011
4	USA-Louisiana	USDA -ARS-SAA	U.S. Department of Agricultural Research Service - Louisiana	Activo	15/11/2011
5	Alemania	DEG	DEG - Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft mbH (Banco DEG)	Activo	23/12/2013
6	Ecuador	CINCAE (FIADE)	Fundación para la Investigación Azucarera del Ecuador-Centro de Investigación de la Caña de Azúcar	Activo	01/06/2012
7	USA-Florida	USDA -ARS-SAA	U.S. Department of Agricultural Research Service - Canal Point	Activo	05/06/2012
8	Guatemala	CENGICAÑA	Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar	Activo	06/02/2014
9	Panamá	CALESA	Compañía Azucarera La Estrella S.A.	Activo	27/02/2015
10	Mexico	CIDCA	Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar de México	Activo	27/03/2015
11	Cuba	INICA	Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar	En Negociación
12	Colombia	CENICAÑA	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia	En Negociación
13	Brasil	RIDESA	Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro	En Negociación
14	Australia	SRA	Sugar Research Australia	En Comunicación

* Vigencia anual e indefinida en tiempo. Se activa automáticamente si no hay oposición de las partes.

Como se infiere de dicha información, la relación internacional que mantiene DIECA en activa operación de manera formal es amplia y muy diversa, vinculándose con los centros especializados en caña de azúcar más importantes del continente. Actualmente la colaboración formal vía Convenio es con Alemania, EUA, México, Guatemala, Panamá, Ecuador, Brasil y Argentina; pues de manera informal y ocasional es con prácticamente todos los países, con algunos de los cuales se ha estado cercano a establecer un relacionamiento formal, como sucede con El Salvador, Honduras, Venezuela, Bolivia y Perú.

Es importante agregar que con organismos especializados como la Sociedad de Técnicos Azucareros y Alcohólicos (STAB) y la Universidad de Pernambuco, Brasil, hay una relación muy buena que no ha requerido de Convenio alguno para operar. Tal como se comentó con anterioridad, los Convenios en trámite con Colombia, Brasil y Cuba van muy adelantados en su negociación y esperamos próximos a suscribirse; con Australia apenas se inician negociaciones. Es importante patentizar que se da preferencia por razones institucionales a centros de investigación, gobiernos y universidades, menos a empresas privadas.

Los acercamientos y relacionamientos institucionales van orientados fundamentalmente a promover y

favorecer la capacitación, al apoyo y el intercambio tecnológico, particular y primariamente de material genético promisorio. Dichos vínculos han sido provechosos y muy fructíferos para nuestra agroindustria, virtud de que todos los incuestionables beneficios alcanzados han sido gratuitos pues no han generado pagos extraordinarios de ninguna especie, con excepción del HARC de Hawái donde sí se exige el pago previo de un canon (us\$2.500/clon) por la entrega unitaria de variedades. Dichos vínculos han sido posibles gracias a la buena imagen que posee nuestra agroindustria azucarera, y también a la seriedad y profesionalismo con que DIECA ha manejado esta materia tan sensible lo que ha sido comprobado y reconocido por esas instituciones.

Complementariamente, LAICA mantiene una estratégica relación institucional con varias organizaciones que prestan servicios vinculados con temas tecnológicos que van en beneficio directo del sector productor. En el Cuadro 3 se citan los 10 Convenios activos y tres (INA, SENARA, COOPECAÑITA) que están en fase muy adelantada de finiquito y firma. En el presente caso los vínculos buscan lograr ventajas con organismos relacionados con crédito, seguros, capacitación, investigación, asignación de terrenos y préstamo de equipo, disponibilidad de recurso humano, apoyo logístico e institucional y asesoramiento técnico, entre otros.



Cuadro 3.

Estado actual de los Acuerdos y Convenios Cooperativos nacionales vigentes, suscritos y/o negociados por LAICA al 20 de mayo del 2016.

N°	País	Sigla	Institución Contraparte	Situación Actual	Suscripción
1	Costa Rica	SBD-FINADE	Consejo Rector del Sistema Banca para el Desarrollo y Fideicomiso Nacional para el Desarrollo	Activo	28/04/2010
2	Costa Rica	BNCR	Banco Nacional de Costa Rica. Programa Nacional de Reactivación Productiva	Activo	11/05/2010
3	Costa Rica	INTA	Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria	Activo *	24/04/2013
4	Costa Rica	UCR-Guanacaste	Universidad de Costa Rica	Activo	23/10/2013
5	Costa Rica	ONS	Oficina Nacional de Semillas	Activo	18/11/2013
6	Costa Rica	AGROATIRRO	Organismo Auxiliar Cooperativo Agroindustrial Atirro, Turrialba	Activo	27/07/2012
7	Costa Rica	EARTH	Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda	Activo	01/07/2013
8	Costa Rica	UTN-Guanacaste	Universidad Técnica Nacional	Activo	05/02/2015
9	Costa Rica	IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura	Activo	05/02/2015
10	Costa Rica	INS	Instituto Nacional de Seguros	Activo	17/02/2016
11	Costa Rica	COOPECAÑITA	Cooperativa de Producción de Caña y Servicios Múltiples de la Región de Turrialba y Jiménez R.L.	En Firmas
12	Costa Rica	SENARA	Servicio Nacional de Riego y Avenamiento	En Firmas
13	Costa Rica	INA	Instituto Nacional de Aprendizaje	En Negociación

* Vigencia anual e indefinida en tiempo. Se activa automáticamente si no hay oposición de las partes.

Beneficios alcanzados

Los logros y beneficios alcanzados con la operación de esas relaciones y vinculaciones institucionales son importantes, cuantificables y trascendentes, destacando entre otros los siguientes:

- 1) Protocolización y formalización de los mecanismos y procedimientos requeridos para ejecutar el intercambio y la importación oficial de variedades de caña de azúcar procedentes del exterior, evitando la irresponsable y peligrosa práctica de introducir clones de "contrabando", violentando con ello los principios regulatorios y medidas cuarentenarias previsoras de posibles problemas fitosanitarios que atenten contra la estabilidad del cultivo en el país.
- 2) Adquisición de material vegetativo de variedades de caña promisorias y comerciales en forma sistemática y gratuita, lo que adquiere un alto significado y relevancia cuando a nivel internacional se imponen actualmente los derechos de autor y el reconocimiento de la propiedad intelectual de los obtentores, lo cual no ha sido un impedimento para su importación y uso. Se estima que DIECA ha adquirido a la fecha en esa forma cerca de 2.035 clones de caña, muchos de los cuales han sido y son actualmente de amplio uso comercial en el país.
- 3) Adquisición de semilla sexual (fuzz) originada a partir de cruzamientos direccionados empleando progenitores con alto potencial de adaptación a nuestras condiciones productivas; la misma ha ingresado también por donación.
- 4) Adquisición de material valioso (cepas de hongos entomopatógenos y parasitoides) para utilizar en control biológico.
- 5) Alineamiento y armonización de protocolos para aplicar y emplear en proyectos de investigación.
- 6) Visita de asesoramiento al país de reconocidas autoridades y especialistas de la agroindustria azucarera internacional procedentes de connotados centros experimentales.
- 7) Donación de equipo y materiales para investigación y transferencia tecnológica.
- 8) Asignación y facilitación de especialistas para participar en actividades de capacitación nacional e internacional, como acontece con Seminarios, Congresos y Cursos de alto nivel.
- 9) Recibimiento, acogida y capacitación de personal técnico nacional en los países y centros tecnológicos de contraparte.
- 10) Desarrollo conjunto de proyectos de investigación y actividades de transferencia tecnológica de interés común.
- 11) Disposición y disponibilidad de recursos orientados y destinados a la producción de caña y azúcar en forma favorecida y preferencial.
- 12) Inserción, integración, articulación y participación de instituciones importantes y representativas en la agro cadena agroindustrial del azúcar.
- 13) Aporte económico y financiamiento de proyectos de investigación y transferencia de tecnología.
- 14) Venta de servicios técnicos de capacitación a funcionarios externos e internos.
- 15) Adquisición de material bibliográfico especializado de interés sectorial.
- 16) Fortalecimiento y posicionamiento internacional de la imagen de la agroindustria azucarera costarricense.



Artículos científicos-

Evaluación de 18 variedades de caña de azúcar durante tres cosechas en un suelo Ultisol en la Región de Los Chiles de Alajuela, Costa Rica

Álvaro Araya Vindas¹ ; Marvin Oviedo Alfaro² ; José Roberto Duran³

Resumen

En la región Norte de Costa Rica, específicamente en la zona de Los Chiles, del año 2008 al 2013 la superficie destinada a caña de azúcar creció en un 24%. Debido a la importancia que ha tomado esta actividad, se estableció en la finca Santa Teresa propiedad del Ingenio Cutris ubicada en Los Chiles con un suelo Ultisol; un ensayo con un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con parcelas de 67,5 m²; se utilizaron 18 variedades de caña de azúcar, donde 6 materiales fueron producto de cruces nacionales serie LAICA y 12 variedades extranjeras. Se realizaron evaluaciones a nivel agroindustrial y curvas de madu-

rez de las variedades más sobresalientes del ensayo. Los resultados fueron analizados por medio de la comparación de Tukey 5%. Según los resultados obtenidos a la tercera cosecha se encontraron medias con diferencias estadísticas significativas en la variable toneladas de caña (TCH) de las variedades RB 86-7515, LAICA 04-809 y B 59-92 respecto al testigo PR 80-2038. En la variable de toneladas de azúcar por hectárea (TAH) solo se presentaron diferencias estadísticas entre la variedad LAICA 04-809 con el testigo PR 80-2038. Otras variedades como NA 85-1602, SP 78-4764 y SP 81-3250 no obtuvieron diferencias estadísti-

cas significativas pero los rendimientos fueron muy altos, lo que indica que se deben continuar validándolas junto con la RB 86-7515, LAICA 04-809 y B 59-92. Con las curvas de madurez se identificaron las variedades LAICA 04-809 y NA 85-1602 para el segundo tercio de la zafra, los materiales B 59-92, RB 86-7515 y SP 78-4764 de mitad a finales de zafra y la variedad SP 81-3250 para el último tercio de la zafra. La variedad LAICA 04-809 fue la que presentó los mejores resultados por lo que se puede considerar como una nueva alternativa para esta zona.

¹/Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Coordinador Regional San Carlos. Alajuela, Costa Rica. E-mail: aaraya@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555.

²/Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Programa de Variedades. Grecia, Costa Rica. E-mail: moviedo@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555.

³/Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Jefe Programa de Variedades. Grecia, Costa Rica. E-mail: jduran@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555.

Introducción

En Costa Rica la búsqueda y selección de variedades de caña idóneas para satisfacer las necesidades del país resulta muy difícil de alcanzar, virtud de las grandes diferencias existentes entre localidades productoras. Esta realidad surge de lo cambiante del entorno productivo nacional, donde no existe una constante agroclimática de las regiones, zonas y localidades productoras que permita unificar criterios y tecnologías de producción (Cháves, 2014).

El proceso de mejoramiento genético en la caña de azúcar requiere un trabajo conjunto de diversas áreas como lo son genetistas, entomólogos y fitopatólogos. El trabajo es lento, debido a que se debe ir haciendo una selección y evaluación de cada una de las variedades, durante un periodo prolongado de tiempo, hasta encontrar materiales que se desarrollen de forma indicada en cada zona cañera de Costa Rica. Se requieren evaluaciones agrícolas e

industriales a cada una de las variedades en estudio, con la finalidad de seleccionar aquellas que mejor se adapten y superen en todos los ámbitos a cada testigo regional, sometido a las mismas condiciones que el resto de variedades. En el desarrollo de nuevas variedades de caña de azúcar, un aspecto a tener en cuenta es el proceso de maduración del tallo, donde influyen altamente las condiciones climáticas.

El área de producción de caña de azúcar en la Región Norte de Costa Rica está conformada por los cantones de San Carlos y Los Chiles de Alajuela. Esta zona pasó a ocupar el segundo lugar del país en cuanto a área sembrada de caña de azúcar, siendo esta de 8.934 has. Esto se debe principalmente al aumento del área en el cantón de Los Chiles, donde en 2007 contaba con 1.251,27 ha y para el 2013 esta era de 1.549,75 ha, es decir casi un 24% más de

área (Cháves y Chavarría. 2013; Cháves et al. 2008).

Esta zona posee una estación seca no muy bien definida y un diferencial térmico medio, el cual influye directamente sobre los rendimientos industriales del cultivo, aunque también no debemos dejar de lado, el potencial azucarero de cada variedad.

Teniendo en cuenta que es una zona en expansión en el cultivo de la caña de azúcar, es sumamente importante desarrollar y buscar nuevas alternativas varietales para esta subregión. Por lo cual se decidió establecer esta prueba comparativa de variedades de caña de azúcar, empleando el protocolo de selección del Programa de Mejoramiento Genético DIECA-LAICA; con materiales que han presentado buenos rendimientos en pruebas anteriores en la subregión Los Chiles de Alajuela.

Objetivo

Evaluar agroindustrialmente 18 variedades de caña de azúcar, seis clones nacionales y doce extranjeros, con el fin de buscar más opciones varietales, para la localidad de Los Chiles en la Región Norte de Costa Rica.

Materiales y Métodos

Ubicación

Este ensayo se estableció el 09 de julio del año 2012 en finca Santa Teresa propiedad del Ingenio Cutris, situada en el distrito de Los Chiles, cantón Los Chiles, provincia de Alajuela, ubicada a 43 msnm, con una precipitación de 2.612 mm y con temperaturas máximas de 34,1° y mínimas de 21,7°; los meses más secos o de mínima precipitación se dan desde enero hasta abril, los de máxima son entre julio, agosto y setiembre. La prueba se realizó entre los años agrícolas de 2012/2013 (caña planta), 2013-2014 (primer soca) y 2014-2015 (segunda soca).

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental la constituye una parcela de 67,5 m² (5 surcos de 9 m), con un distanciamiento de 1,5 m entre surcos y 2 m entre parcelas.

Variedades de caña de azúcar

Se están evaluando 18 variedades, seis nacionales y doce extranjeras, dentro de las cuales se encuentran la PR 80-2038 y la Q 132, utilizadas como testigos, ya que son variedades muy conocidas y sembradas de forma comercial en la región, además se adicionó la variedad B 82-333 como un testigo más reciente en esta localidad, ya que esta variedad fue la que ofreció los mejores rendimientos en la primer prueba de variedades que se estableció hace poco tiempo atrás en Los Chiles, Alajuela.

Cuadro 1

Genotipos de caña de azúcar por procedencia, utilizados en la prueba comparativa de variedades, Los chiles Alajuela, Costa Rica

Variedad	Procedencia
LAICA 04-809	DIECA, Costa Rica
RB 86-7515	RIDESA, Brasil
B 59-92	WICSBS, Barbados
Q 132 (T)	Queensland, Australia
B 82-333(T)	WICSBS, Barbados
NA 85-1602	CHACRA, Argentina
B 80-689	WICSBS, Barbados
SP 81-3250	COOPERSUCAR, Brasil
LAICA 04-44	DIECA, Costa Rica
B 77-95	WICSBS, Barbados
SP 78-4764	COOPERSUCAR, Brasil
PR 80-2038 (T)	Gurabó, Mayagüez
LAICA 03-805	DIECA, Costa Rica
LAICA 01-604	DIECA, Costa Rica
LAICA 05-802	DIECA, Costa Rica
CP 01-2060	USDA, USA
B 76-385	WICSBS, Barbados
LAICA 01-213	DIECA, Costa Rica

Variables industriales

Se tomó una muestra de 5 tallos por parcela, las cuales fueron enviadas al laboratorio de azúcar del Ingenio Cutris, para que fueran analizadas. La estimación de las toneladas de caña por hectárea se obtuvo pesando 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 industria (kg az/t)
- Toneladas métricas de caña por hectárea (t/ha)
- Toneladas métricas de azúcar por hectárea (t/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

Se realizó un análisis de varianza y una separación de medias mediante la prueba de Tukey con un alfa de 0,05 utilizando el programa Infostat.

Curva de Madurez

Adicional a al ensayo se sembró una parcela de 4 surcos de 6 m (36 m²) con el fin de extraer muestras de caña para obtener el comportamiento de la madurez. Cada muestra estaba compuesta por 6 tallos, los cuales fueron enviados al laboratorio del Ingenio Cutris, para ser analizada según el Sistema de Pago por Calidad que aplica LAICA en el país. A los resultados reportados por el laboratorio se les aplicó un castigo del 20%. En este trabajo solo se presenta la curva de madurez correspondiente a la segunda cosecha de las seis variedades más sobresalientes, en comparación con los dos testigos, empezando en el mes de febrero y terminando en mayo.

Suelo y fertilización

El suelo del lugar se clasificó como Ultisol. En caña planta la fertilización fue de 115,2; 115, 2 y 115,2 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O y en caña soca se aplicaron 196, 81 y 175 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente.

Resultados y discusión

Caña planta

Como este ensayo se estableció a principios del mes de julio, la primera cosecha o caña planta se efectuó a una edad de 9,5 meses y los resultados obtenidos se pueden apreciar en el cuadro 2. De acuerdo a esta información, las variedades LAICA 04-809, SP 81-3250, RB 86-7515, SP 78-4764 y NA 85-1602 mostraron

rendimientos de toneladas de caña y de azúcar por hectárea, superiores a la variedad Q 132 que fue el mejor testigo. Desde el punto de vista estadístico no hay diferencias entre este grupo de variedades.

En cuanto a rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada, la variedad más sobresaliente fue la NA 85-1602 con 108,42 kilogramos, siendo estadísticamente superior a 8 de las variedades en estudio, incluida la B 82-333 (testigo).

En lo que respecta a la relación sacarosa, se puede observar que la variedad B 82-333 mostró el valor más alto (12,09), esto debido a sus bajos rendimientos en kilogramos de azúcar por tonelada de caña (82,31).

Cuadro 2.
Resultados Agroindustriales de la Prueba Comparativa de 18 Variedades en Los Chiles (Sta. Teresa) Alajuela, primera cosecha, Edad 9 Meses, Año 2013

Variedad	% Brix	% Sacarosa	% Pureza	% Fibra	Kg az/t	Caña (t/ha)	Azúcar (t/ha)	Relación sacarosa	PRT (%)
LAICA 04-809	21,08 abcd	18,42 abc	87,37 ab	11,91 bc	101,47 abc	131,1 a	13,29 a	9,86	118,87
SP 81-3250	21,06 abcd	18,25 abc	86,65 ab	12,84 ab	97,71 abc	133,7 a	13,08 a	10,22	116,99
RB 86-7515	20,03 cd	17,18 cd	85,81 abc	12,63 abc	92,08 bcd	133,1 a	12,25 ab	10,87	109,57
SP 78-4764	21,00 abcd	17,88 abc	85,12 abc	12,56 abc	95,72 abcd	128,3 ab	12,22 ab	10,50	109,30
NA 85-1602	22,26 a	19,88 a	89,29 a	12,70 abc	108,42 a	109,7 cde	11,89 abc	9,22	106,35
Q 132 (T)	20,48 abcd	17,64 bc	86,03 abc	12,03 abc	96,18 abc	116,3 abc	11,18 abcd	10,41	100,00
LAICA 04-44	19,60 cd	16,52 cd	84,21 bc	11,19 c	91,09 bcd	118 abc	10,75 bcde	10,97	96,15
LAICA 01-604	21,07 abcd	18,30 abc	86,83 ab	13,05 ab	97,55 abc	109,7 cde	10,73 bcde	10,23	95,97
LAICA 03-805	20,95 abcd	18,16 abc	86,79 ab	12,86 ab	97,2 abc	109,1 cde	10,62 bcde	10,27	94,99
B 59-92	20,08 bcd	17,17 cd	85,47 abc	12,60 abc	91,92 bcd	112,3 bcd	10,34 bcde	10,86	92,49
B 77-95	19,78 cd	17,07 cd	86,28 abc	11,51 bc	94,51 bcd	108 cde	10,21 bcde	10,58	91,32
LAICA 05-802	19,91 cd	16,76 cd	84,23 bc	12,73 abc	88,77 cd	113,4 bc	10,06 cde	11,27	89,98
PR 80-2038 (T)	20,82 abcd	18,20 abc	87,43 ab	12,58 abc	98,61 abc	101,9 cde	10,04 cde	10,15	89,80
B 82-333 (T)	18,70 d	15,33 d	81,94 c	11,70 bc	82,31 d	119,4 abc	9,87 cde	12,09	88,28
CP 01-2060	22,14 ab	19,47 ab	87,95 ab	13,58 a	102,97 ab	94,52 e	9,73 de	9,71	87,03
B 80-689	19,51 cd	16,88 cd	86,45 ab	11,79 bc	92,87 bcd	103,9 cde	9,67 de	10,74	86,49
B 76-385	19,69 cd	16,77 cd	85,13 abc	11,55 bc	92,19 bcd	95,19 de	8,79 e	10,83	87,38
LAICA 01-213	20,29 abcd	17,72 abc	87,36 ab	12,41 abc	96,39 abc	64,07 f	6,18 f	10,37	55,28
PROMEDIO	20,47	17,64	86,13	12,35	95,44	111,20	10,61	10,51	95,35
CV (%)	3,91	4,88	1,98	4,86	5,42	6,1	7,75		

Medias con la misma letra no son estadísticamente significativos según prueba de Tukey al 5%.

Primera soca o segunda cosecha

La segunda cosecha se realizó a la edad de 12 meses y los datos obtenidos se observan en el cuadro 3. Para la variable de rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada, la mejor variedad fue B 77-95 con 109,71 kilogramos, siendo estadísticamente superior al resto de variedades en estudio, incluidos los tres testigos. Por el contrario el valor más bajo lo mostró la variedad SP 81-3250 con 87,44 kilogramos de azúcar por tonelada de caña.

En cuanto a rendimiento en toneladas de caña y de azúcar por hectárea las mejores variedades fueron, además del testigo B 82-333, la NA 85-1602, B 59-92, LAICA 04-809, SP 78-4764 y RB 86-7515, sin embargo las mismas no mostraron diferencia estadística respecto a los testigos.

Las variedades con menor relación sacarosa son la B77-95, la CP 01-2060 y la LAICA 01-604, lo que se puede interpretar como un aspecto importante a evaluar, ya que este es necesario de tomar en cuenta para determinar los costos de producción en el caso específico del transporte al ingenio.

Cuadro 3.

Resultados de la Prueba Comparativa de 18 Variedades en Los Chiles (Sta. Teresa), Alajuela, Costa Rica, Segunda Cosecha, Edad 12 Meses. Año 2014

Variedad	% Brix	% Sacarosa	% Pureza	% Fibra	Kg Az/Ton	TCH	TAH	Relac. Sac.	PRT (%)
B 82-333 (T)	21,11 abc	17,84 abc	84,51 ns	11,98 ab	96,55 bc	173,22 a	16,76 a	10,34	123,24
NA 85-1602	20,99 abc	18,42 abc	87,70 ns	12,46 ab	100,25 bc	166,37 a	16,69 a	9,97	122,72
B 59-92	21,13 abc	18,04 abc	85,28 ns	12,67 ab	96,13 bc	171,45 a	16,52 a	10,38	121,47
LAICA 04-809	20,94 abc	18,36 abc	87,70 ns	12,19 ab	100,65 bc	163,48 a	16,45 a	9,94	120,96
SP 78-4764	20,84 abc	17,74 abc	85,10 ns	12,83 ab	94,13 bc	168,52 a	15,86 ab	10,63	116,62
RB 86-7515	20,64 abc	17,92 abc	86,80 ns	12,43 ab	97,18 bc	160,82 abc	15,57 ab	10,33	114,49
PR 80-2038 (T)	20,90 abc	18,39 abc	87,99 ns	12,23 ab	100,82 bc	150,56 abc	15,17 ab	9,92	111,54
LAICA 03-805	21,08 abc	18,56 abc	87,84 ns	12,37 ab	101,27 bc	147,81 abc	14,97 ab	9,87	110,07
SP 81-3250	19,92 bc	16,56 bc	82,84 ns	12,62 ab	87,44 c	170,82 a	14,90 abc	11,46	109,56
LAICA 05-802	21,18 abc	18,14 abc	85,62 ns	12,87 ab	96,56 bc	151,70 abc	14,65 abc	10,35	107,72
LAICA 01-604	21,79 ab	19,03 abc	87,30 ns	12,64 ab	102,81 bc	141,37 abc	14,54 abc	9,72	106,91
B 77-95	21,91 abc	19,47 ab	88,86 ns	11,38 b	109,71 a	127,74 bcd	14,03 abc	9,10	103,16
LAICA 04-44	21,11 abc	17,87 abc	84,68 ns	12,16 ab	96,31 bc	143,52 abc	13,84 abc	10,37	101,76
Q 132 (T)	19,94 bc	17,04 bc	85,41 ns	11,44 b	94,03 bc	145,04 abc	13,60 abc	10,66	100,00
B 80-689	19,26 c	16,28 c	84,54 ns	11,43 b	89,45 bc	141,23 abc	12,63 abcd	11,18	92,87
B 76-385	20,26 abc	17,22 abc	84,89 ns	11,60 b	94,44 bc	124,93 cd	11,76 bcd	10,62	86,47
CP 01-2060	22,54 a	20,00 a	88,72 ns	13,28 a	107,08 b	99,22 d	10,63 cd	9,33	78,16
LAICA 01-213	20,67 abc	17,64 abc	85,34 ns	11,82 ab	96,36 bc	95,48 d	9,24 d	10,33	67,94
PROMEDIO	20,90	18,03	86,17	12,24	97,84	146,85	14,32	10,25	105,31
CV (%)	4,26	6,32	2,84	4,83	7,24	8,76	11,66		

Medias con la misma letra no son estadísticamente significativos según prueba de Tukey al 5%.

Segunda soca o Tercera cosecha

Los rendimientos obtenidos en la tercera cosecha se pueden apreciar en el cuadro 4. De acuerdo a estos para la variable de kilogramos de azúcar por tonelada de caña las mejores variedades fueron LAICA 01-604 y LAICA 04-809 con 108,58 y 106,06 kilogramos respectivamente. Estadísticamente no hay diferencias entre estas dos variedades y los testigos.

Los rendimientos mayores en cuanto a toneladas de caña por hectárea lo muestran las variedades RB 86-7515, LAICA 04-809 y B 59-92 con 155,0; 150,85; y 150,41 toneladas respectivamente, en comparación el mejor testigo (Q 132) que rindió 136,59 toneladas.

Respecto a la variable de rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea, las variedades más sobresalientes fueron LAICA 04-809, RB 86-7515 y B 59-92, superando al mejor testigo, que fue la Q 132 en un 20,94%; 14,29% y 7,26 %, respectivamente. Estadísticamente las diferencias tanto de caña como de azúcar entre estas tres variedades y el mejor testigo, no son significativas.

Cuadro 4.

Resultados de la Prueba Comparativa de 18 Variedades en Los Chiles (Sta. Teresa), Alajuela, Costa Rica, Tercera Cosecha, Edad 12 Meses. Año 2015

Variedad	% Brix	% Sac	% Pureza	Kg Az/Ton	TCH	TAH	Relac. Sac.	PRT (%)
LAICA 04-809	21,96 ab	19,75 ns	90,10 ns	106,06 a	150,85 ab	16,00 a	9,43	120,94
RB 86-7515	20,87 ab	18,60 ns	89,16 ns	97,55 ab	155,00 a	15,12 ab	10,25	114,29
B 59-92	20,71 ab	17,99 ns	86,88 ns	94,32 ab	150,41 ab	14,19 abc	10,60	107,26
Q 132 (T)	20,22 ab	17,95 ns	88,76 ns	96,80 ab	136,59 abc	13,23 abcd	10,32	100,00
B 82-333(T)	21,67 ab	18,70 ns	86,38 ns	94,94 ab	134,67 abc	12,83 abcde	10,50	96,98
NA 85-1602	21,29 ab	19,42 ns	91,19 ns	98,64 ab	130,59 abc	12,79 abcde	10,21	96,67
B 80-689	21,16 ab	18,90 ns	89,36 ns	100,21 ab	126,67 abc	12,69 abcde	9,98	95,92
SP 81-3250	21,24 ab	18,66 ns	87,90 ns	94,59 ab	132,55 abc	12,55 abcde	10,56	94,86
LAICA 04-44	21,05 ab	18,26 ns	86,83 ns	97,49 ab	128,59 abc	12,54 abcde	10,25	94,78
B 77-95	21,58 ab	19,24 ns	89,17 ns	102,82 ab	121,89 bcd	12,49 abcde	9,76	94,41
SP 78-4764	21,53 ab	18,98 ns	88,19 ns	97,95 ab	125,15 abcd	12,25 bcde	10,22	92,59
PR 80-2038 (T)	20,94 ab	18,90 ns	90,32 ns	102,25 ab	116,08 cd	11,82 bcde	9,82	89,34
LAICA 03-805	21,15 ab	19,15 ns	90,61 ns	99,35 ab	115,70 cd	11,51 cde	10,05	87,00
LAICA 01-604	22,56 a	16,39 ns	73,18 ns	108,58 a	106,15 cde	11,49 cde	9,24	86,85
LAICA 05-802	20,26 ab	17,88 ns	88,28 ns	90,96 b	109,37 cd	9,93 def	11,01	75,06
CP 01-2060	22,57 a	20,41 ns	90,39 ns	101,87 ab	74,93 e	7,65 ef	9,79	57,82
B 76-385	21,68 ab	19,49 ns	89,85 ns	101,43 ab	92,37 de	7,10 f	9,86	70,82
LAICA 01-213	20,12 b	18,23 ns	90,64 ns	95,56 ab	73,74 e	7,10 f	10,39	53,67
PROMEDIO	21,25	18,72	88,18	98,97	121,18	12,15	10,12	90,51
CV (%)	4,45	10,13	9,42	5,77	10,64	11,65		

Medias con la misma letra no son estadísticamente significativos según prueba de Tukey al 5%.

Análisis de los Rendimientos Promedio de las Tres Cosechas

En el cuadro 5 se puede observar los valores promedio de las tres cosechas para cada variable y variedad en estudio. Esta información es relevante ya que comprende tres periodos de evaluación, lo que le infiere confiabilidad a los resultados.

Con respecto a los rendimientos en kilogramos de azúcar por tonelada de caña, el promedio más bajo se obtuvo con la variedad B 82-333 (91,27 kilogramos), mientras que el mayor rendimiento lo mostró la CP 01-2060 (103,97 kilogramos), siendo el rendimiento promedio de 97,42 kilogramos. En esta variable no se observan diferencias estadísticas significativas entre todas las variedades en estudio.

Otra variable de rendimiento muy importante lo representan las toneladas de caña por hectárea, para la cual en este trabajo sobresalen un grupo de variedades como la RB 86-7515, LAICA 04-809, SP 81-3250, B 59-92, entre otras con una producción promedio de 149,64; 148,47; 145,69 y 144,73 toneladas de caña por hectárea respectivamente, las cuales fueron muy superiores a los testigos Q 132, PR 80-2038 y B82-333, que lograron producciones de 132,65; 122,84 y 142,42 toneladas de caña por hectárea, respectivamente, esto aunque no hayan diferencias estadísticas significativas entre ellas.

En toneladas de azúcar por hectárea los rendimientos más altos se observan en las variedades LAICA 04-809, RB 86-7515, NA 85-1602, B 59-92, SP 81-3250 y SP 78-4764, que superaron al testigo más representativo de la zona (Q 132) en: 20,26%; 12,78%; 8,58%; 7,07%; 7,14% y 6,17% respectivamente; aunque esto no refleja diferencias estadísticas significativas según Tuckey al 5 %.

Cuadro 5.

Resultados Agroindustriales de la Prueba Comparativa de 18 Variedades en Los Chiles (Sta. Teresa), Alajuela, Costa Rica, Promedio de Tres Cosechas. 2015

Variedad	% Brix	% Sac	% Pureza	% Fibra	Kg Az/Ton	TCH	TAH	Rel.Sac.	PRT (%)
LAICA 04-809	21,33 ab	18,84 ns	88,39 ns	12,05 abcd	102,73 ns	148,47 a	15,25 a	9,74	120,26
RB 86-7515	20,51 ab	17,9 ns	87,26 ns	12,53 abcde	95,60 ns	149,64 a	14,31 a	10,48	112,78
NA 85-1602	21,51 ab	19,24 ns	89,39 ns	12,58 bcde	102,44 ns	135,54 ab	13,79 ab	9,8	108,58
B 59-92	20,54 ab	17,73 ns	85,88 ns	12,64 bcde	94,12 ns	144,73 a	13,68 ab	10,61	107,07
SP 81-3250	20,74 ab	17,82 ns	85,8 ns	12,73 cde	93,25 ns	145,69 a	13,51 ab	10,75	107,14
SP 78-4764	21,12 ab	18,2 ns	86,14 ns	12,7 bcde	95,93 ns	140,64 ab	13,44 ab	10,45	106,17
B 82-333 (T)	20,49 ab	17,29 ns	84,28 ns	11,84 abcd	91,27 ns	142,42 a	13,15 ab	10,98	102,83
Q 132 (T)	20,21 ab	17,54 ns	86,73 ns	11,74 abcd	95,67 ns	132,65 ab	12,67 ab	10,46	100
LAICA 04-44	20,59 ab	17,55 ns	85,24 ns	11,68 abc	94,96 ns	130,02 ab	12,38 ab	10,53	97,56
LAICA 03-805	21,06 ab	18,62 ns	88,41 ns	12,62 bcde	99,27 ns	124,19 ab	12,37 ab	10,06	97,35
PR 80-2038 (T)	20,89 ab	18,5 ns	88,58 ns	12,41 abcde	100,56 ns	122,84 ab	12,34 ab	9,96	96,89
LAICA 01-604	21,81 ab	17,91 ns	82,44 ns	12,85 de	102,98 ns	119,09 ab	12,25 ab	9,73	96,58
B 77-95	21,09 ab	18,59 ns	88,1 ns	11,45 a	102,35 ns	119,22 ab	12,24 ab	9,81	96,3
B 80-689	19,98 a	17,35 ns	86,78 ns	11,61 abc	94,18 ns	123,93 ab	11,66 ab	10,63	91,76
LAICA 05-802	20,45 ab	17,59 ns	86,04 ns	12,8 de	92,10 ns	124,83 ab	11,55 ab	10,88	90,92
B 76-385	20,54 ab	17,83 ns	86,62 ns	11,58 ab	96,02 ns	104,16 ab	9,97 ab	9,61	89,44
CP 01-2060	22,42 b	19,96 ns	89,02 ns	13,43 e	103,97 ns	89,56 ab	9,34 ab	9,61	74,34
LAICA 01-213	20,36 ab	17,86 ns	87,78 ns	12,12 abcd	96,10 ns	77,76 b	7,51 b	10,36	58,96
PROMEDIO	20,87	18,13	86,83	12,30	97,42	126,41	12,30	10,25	97,50
CV %	3,52	5,3	3,08	2,27	7,18	16,25	17,38		

Medias con la misma letra no son estadísticamente significativos según prueba de Tukey al 5%.



Figura 1.

Datos agroindustriales de las variedades más sobresalientes de caña de azúcar, Fase VI Santa Teresa, Los Chiles, promedio tres cosechas, 2015

Curva de Madurez de las Variedades Sobresalientes

Un factor fundamental en el proceso de maduración de la caña de azúcar son las condiciones climáticas; una estación seca bien definida y un diferencial térmico amplio influyen directamente sobre los rendimientos industriales del cultivo, aunque también no debemos dejar de lado, el potencial azucarero de cada variedad.

Es importante mencionar que la época de molienda en esta región se extiende desde finales del mes de enero a junio, periodo en el cual se presentan muchas veces altas precipitaciones pluviales, lo que viene a afectar negativamente la concentración de sacarosa en los tallos. Los resultados demostraron un comportamiento diferencial en la madurez de las variedades durante el periodo de molienda, encontrándose que unas pocas se pueden clasificar como de maduración temprana, otras de maduración media y algunas tardías, aspecto fundamental a tomar en cuenta a la hora de planear los porcentajes de siembra por variedad, así como la cosecha.

Se presentan las curvas de madurez estimadas durante la zafra 2014, que corresponden justamente al comportamiento durante la segunda cosecha. Para efectos de este trabajo sólo se presenta la información de las seis variedades que mostraron los mayores rendimientos en toneladas de caña por hectárea, así como la curva de maduración de los dos mejores testigos Q 132 y B 82-333.

En la figura 2 se pueden apreciar las curvas de las variedades LAICA 04-809 y B 59-92, en comparación con los testigos Q 132 y B 82-333. La LAICA 04-809 se muestra como la del potencial azucarero más alto, alcanzando su mayor rendimiento en el segundo tercio de la zafra (intermedia), le sigue el testigo Q 132, la cual presenta una madurez similar; luego está la B 59-92 madurando entre mediados y finales de zafra y por último la B 82-333, que es totalmente de maduración tardía.

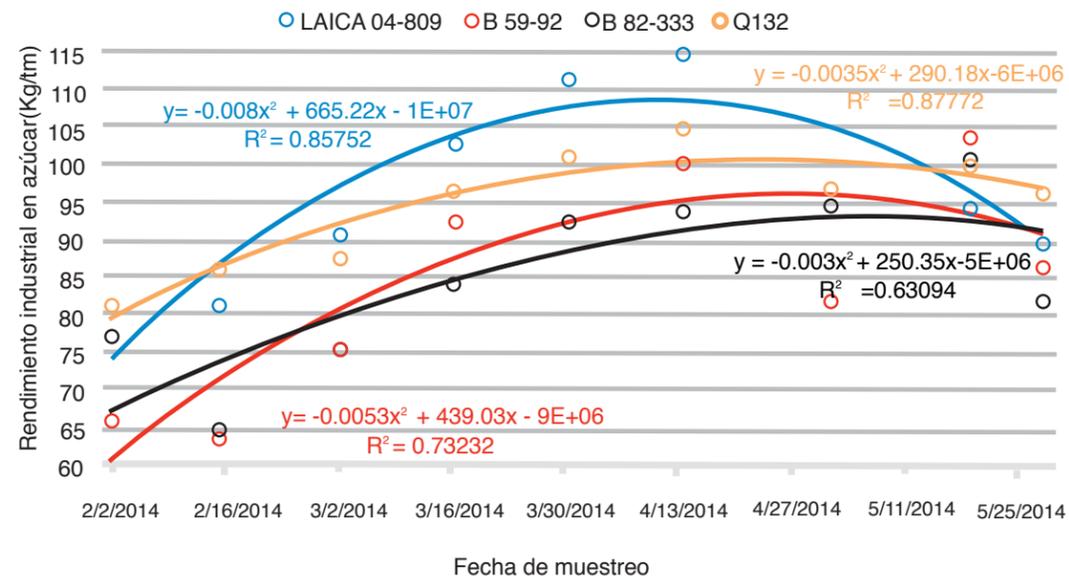


Figura 2.
Curva de madurez de las variedades LAICA 04-809 y B 59-92 en comparación con las variedades testigo B 82-333 y Q 132.

La curva de madurez de las variedades RB 86-7515 y SP 78-4764 se muestra en la figura 3. La RB 86-7515 madura entre mitad y finales de zafra, y su potencial azucarero es levemente inferior al testigo Q 132.

Por su parte la variedad SP 78-4764 presenta un bajo potencial azucarero y una curva con poca variación a través de la zafra, pudiéndose catalogar como de madurez intermedia a tardía.

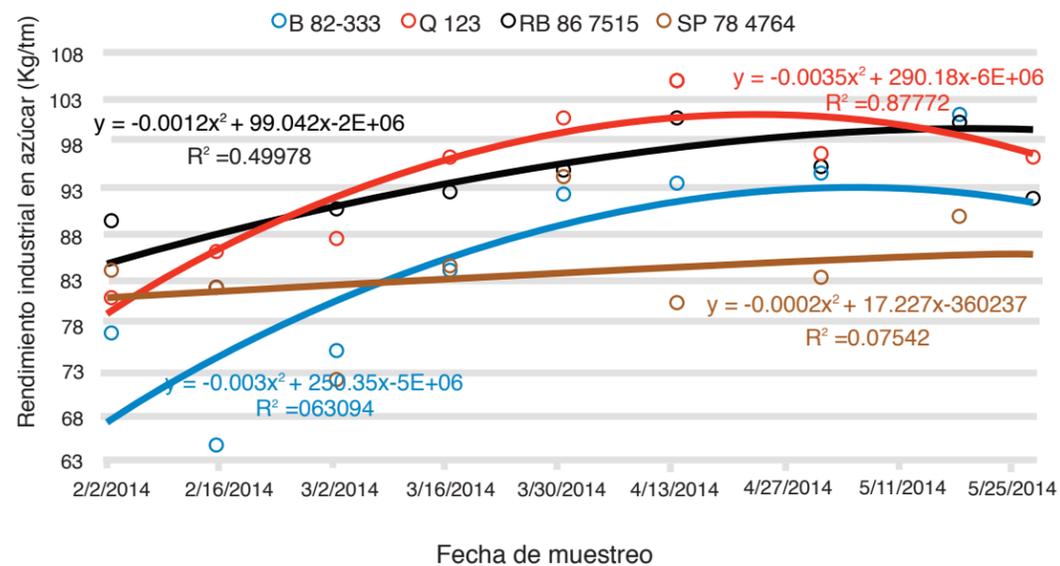


Figura 3.
Curva de madurez de las variedades RB 86-7515 y SP 78-4764, en comparación con las variedades testigos B 82-333 y Q 132.

En la figura 4 se puede ver la curva de madurez de las variedades NA 85-1602 y SP 81-3250. Sobresale el potencial azucarero de la variedad NA 85-1602 sobre los testigos y la SP 81-3250. Esta variedad NA 85-1602 por su riqueza azucarera puede cosecharse casi que en cualquier tercio de la zafra, aunque su concentración de azúcar la manifiesta a mediados de zafra. La variedad SP 81-3250 por su parte supera levemente el potencial azucarero de la variedad testigo B 82-333 y su curva de madurez indica que se debe cosechar en el último tercio de la zafra.

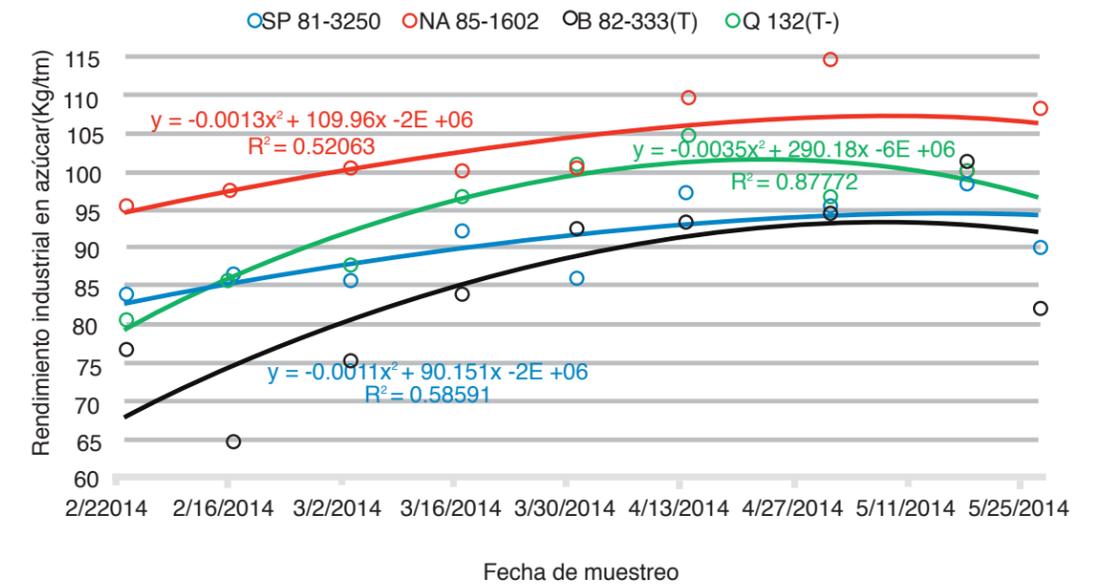


Figura 4.
Curva de Madurez de las Variedades SP 81-3250 y NA 85-1602, en comparación con las variedades testigos B 82-333 y Q 132.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir lo siguiente:

La mejor variedad durante estas tres cosechas ha sido la LAICA 04-809, la misma ha mostrado muy buenos rendimientos tanto de azúcar como de caña, superando en un 20,26% en producción de azúcar por hectárea a la variedad testigo Q 132.

Las variedades RB 86-7515 y B 59-92 ocupan también los primeros lugares, ya que su rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada es similar al de Q 132 (testigo), sin embargo muestran un mayor rendimiento en toneladas de caña por hectárea que esta.

El tercer lugar en producción de toneladas de azúcar por hectárea lo ocupa la variedad NA 85-1602, esta se caracteriza por ofrecer muy buenos rendimientos de azúcar y un tonelaje de caña similar al testigo Q 132.

Otras dos variedades que muestran rendimientos satisfactorios en este estudio son la SP 81-3250 y SP 78-4764, estas muestran un nivel intermedio en producción de azúcar, pero su tonelaje de caña por hectárea es alto.

La variedad comercial (testigo B 82-333) más reciente de esta prueba, ocupó los primeros lugares a pesar de ofrecer rendimientos industriales de azúcar por tonelada bajos. Esta variedad es de maduración tardía, lo cual se aprecia muy bien en la curva de maduración. Esta característica se debe tomar muy en cuenta a la hora de cultivarla.

Las variedades LAICA 03-805 y LAICA 01-604, las cuales se encuentran cultivadas en cierto porcentaje en esta región, ofrecen rendimientos intermedios en toneladas de caña por hectárea, sin embargo su rendimiento industrial en kilogramos de azúcar por tonelada es bueno.

La variedad LAICA 04-809 muestra mayor potencial azucarero que el mejor testigo Q 132 y las dos alcanzan su potencial azucarero para mitad de zafra.

Las variedades B 59-92, RB 86-7515, SP 78-4790 y SP 81-3250 ofrecen un potencial azucarero similar o levemente inferior al testigo Q 132. Siendo todas ellas de maduración intermedia a tardía.

Literatura Citada

- CHAVES, M.; CHAVARRÍA, E. 2013. ¿Cómo se distribuye y dónde se cultiva territorialmente la caña destinada a la fabricación de azúcar en Costa Rica? Memoria Congreso ATACA XIX, Congreso ATACORI XX, Tomo I. Heredia, Costa Rica. 179-203 p.
- CHAVES, M.; RODRÍGUEZ, M.; ANGULO, A.; VILLALOBOS, C.; BOLAÑOS, J.; BARRANTES, J.; ARAYA, A. CALDERÓN, G. 2008. Censo de variedades de caña de azúcar sembradas en Costa Rica del año 2007. San Jose, Costa Rica. LAICA-DIECA. Marzo, 2008. 146 p.
- CHAVES, M. 2014. Dinámica de las variedades de caña de azúcar cultivadas comercialmente en la región de Guanacaste, Costa Rica. IX Congreso de ATALAC. 20-22 agosto. San José, Costa Rica. 10 p.





Evaluación de la densidad de siembra de plántulas *in vitro* en el establecimiento de semilleros básicos de caña de azúcar.

Erick Chavarría Soto¹ ; Randall Ocampo Chinchilla² ; Gilberto Calderón Araya³ .

Resumen

Se evaluaron tres densidades de siembra para el establecimiento de lotes de reproducción con almácigo obtenido a partir de la técnica de reproducción por cultivo de tejidos *in vitro*. Las distancias densidades evaluadas fueron de 13.333; 8.889 y 6.667 plantas/ha, distribuidas a 0,5 m; 0,75 m y 1,0 m con una sepa-

ración de 1,5 m entre surcos en parcelas de 45 m². Las tres distancias de siembra se compararon contra dos tratamientos testigo, uno con tratamiento por hidrotermoterapia y otros si tratar, sembrados en esqueje a 12 yemas/m lineal de surco. Los resultados obtenidos sugieren que la mejor densidad de

siembra para el almácigo *in vitro* es de 8.889 plántulas/ha, ya que las diferencias en rendimiento con la densidad de siembra tradicional de 13.334 plántulas/ha son mínimas, y permiten un mayor aprovechamiento del material de cultivo de tejidos.

Introducción

Los semilleros de almácigo *in vitro* se han sembrado en el campo con una densidad promedio de 13.333 plantas/ha desde la implementación de esta técnica de reproducción, la cual se estableció con base en la experiencia obtenida a través del tiempo con el establecimiento de viveros primarios para selección, y de semilleros a partir de almácigos de esquejes de yemas individuales tratadas por hidrotermoterapia. Sin embargo, la observación directa en el campo ha revelado que el material *in vitro* tiende a producir cepas de caña muy vigorosas con altas poblaciones de tallos (entre 18 y 25 tallos/m) creciendo de manera simultánea y compitiendo entre sí.

De igual manera se ha observado en el campo que los semilleros básicos de almácigo *in vitro* tienen la tendencia a producir tallos más delgados que los semilleros establecidos por medios tradicionales, situación que se le ha atribuido mayormente al proceso de reproducción en el laboratorio más que a la alta cantidad de tallos producidos simultáneamente por las plántulas de cultivo de tejidos.

¹ LIGA AGRÍCOLA INDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR (LAICA), Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Santa Gertrudis Sur, Grecia. Alajuela, Costa Rica. Tels.: 2494-1129, 2494-2955, 2494-7455. Ext.: 107. Fax (506) 2494-4451. E – mail: echavarría@laica.co.cr

² LIGA AGRÍCOLA INDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR (LAICA), Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Santa Gertrudis Sur, Grecia. Alajuela, Costa Rica. Tels.: 2494-1129, 2494-2955, 2494-7455. Ext.: 108. Fax (506) 2494-4451. E – mail: rocampo@laica.co.cr

³ LIGA AGRÍCOLA INDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR (LAICA), Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Región Turrialba. Turrialba. Cartago, Costa Rica. Tel.: 2556-7806. E – mail: gcalderon@laica.co.cr

Debido a la integración del almácigo de cultivo de tejidos *in vitro* como material reproductivo para el establecimiento de semilleros básicos y al alto costo de las plántulas, se procedió a evaluar tres densidades de siembra de las plántulas con el fin de obtener la población óptima de manera que haya un balance entre rendimiento de los semilleros y la cantidad de material *in vitro* por unidad de área.

Metodología

La prueba se estableció en octubre del 2010 en la Región de Turrialba en el distrito de Pejibaye, cantón de Jiménez, provincia de Cartago (Latitud 9,820167° N, Longitud 83,657000° O) en un ensayo de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en un arreglo de parcelas divididas donde la parcela grande correspondió al factor variedad. La unidad experimental se constituyó con parcelas de 45 m², conformadas por 5 surcos a 1,5 m de distancia y 6 m de longitud. Se evaluaron las

variedades B76-259 y H77-4643 y se establecieron los tratamientos que se describen en el Cuadro 1. El Cuadro 2 resume las variables evaluadas y el momento en que se llevó a cabo la evaluación. La cosecha de las parcelas se llevó a cabo a edad para semilla (9 meses), no de caña comercial, y se determinó el peso de la caña total por parcela.

La variable de pérdidas en germinación en el caso de los tratamientos con plántulas se deter-

minó mediante el conteo de las plantas que sobrevivieron al trasplante y calculando el porcentaje con base en el total de las plantas trasplantadas. En el caso de las parcelas del testigo absoluto (TA) y las de semilla seleccionada y tratada con agua caliente, que fueron sembradas en esqueje, las pérdidas se determinaron mediante el conteo del total de yemas germinadas y el porcentaje se calculó con base en el total de yemas sembradas.

Cuadro 1

Descripción de los tratamientos para la evaluación de la densidad de siembra de plántulas *in vitro* para el establecimiento de semilleros básicos.

Variedad	Tratamiento	Descripción
B76-259	TA	Testigo absoluto sembrado con esquejes de tres yemas a una densidad de 12 yemas/m lineal de surco.
	STT	Corresponde a un segundo testigo de semilla en esquejes de tres yemas seleccionada y tratada con agua a 51°C durante 60 minutos, sembrado a una densidad de 12 yemas/m lineal de surco.
	0,50 m	Distancia de 0,50 m entre plántulas equivalente a una densidad de 13.333 plantas/ha.
	0,75 m	Distancia de 0,75 m entre plántulas equivalente a una densidad de 8.889 plantas/ha.
	1,0 m	Distancia de 1,0 m entre plántulas equivalente a una densidad de 6.667 plantas/ha.
H77-4643	TA	Testigo absoluto sembrado con esquejes de tres yemas a una densidad de 12 yemas/m lineal de surco.
	STT	Corresponde a un segundo testigo de semilla en esquejes de tres yemas seleccionada y tratada con agua a 51°C durante 60 minutos, sembrado a una densidad de 12 yemas/m lineal de surco.
	0,50 m	Distancia de 0,50 m entre plántulas equivalente a una densidad de 13.333 plantas/ha.
	0,75 m	Distancia de 0,75 m entre plántulas equivalente a una densidad de 8.889 plantas/ha.
	1,0 m	Distancia de 1,0 m entre plántulas equivalente a una densidad de 6.667 plantas/ha.

Cuadro 2

Variables agronómicas determinadas para la evaluación de la densidad de siembra de plántulas *in vitro* para el establecimiento de semilleros básicos.

Variable	Unidades	Época de Evaluación
Pérdidas en Germinación o al Trasplante	Brotos/m lineal de surco	30 días después de la siembra
Conteo de Tallos	Tallos/m lineal de surco	6 meses después de la siembra
Altura de Tallos	m	6 meses después de la siembra
Grosor de Tallos	cm	6 meses después de la siembra
Peso de la Semilla	kg/parcela	9 meses después de la siembra

Resultados y Discusión

El Cuadro 3 resume los resultados obtenidos para cada una de las variables determinadas, realizando el análisis estadístico de manera independiente por tratamiento sin separar los efectos de los factores variedad y distancia de siembra. En los resultados del Cuadro 3 se destaca el desempeño de los tratamientos de SST y TA de la H77-4643 (6 y 7 respectivamente), que al inicio del ensayo obtuvieron pérdidas fuertes y lograron una recuperación tal que al final presentaron rendimientos en peso bastante altos, de hecho el tratamiento SST de la H77-4643 fue el que superó a todos pese a que presentó el segundo lugar en cuanto a pérdidas a la siembra por fallas en la germinación.

Cuadro 3

Resultados de la evaluación de la densidad de siembra de plántulas *in vitro* para el establecimiento de semilleros básicos.

Variedad	Distancia	Tratamiento	Pérdidas Germinación (%)	Altura (m)	Tallos/m	Grosor (cm)	Peso (kg/parcela)
B76-259	TA	1	35,4 bac	2,4 a	12,8 c	3,4 a	692,5 bac
	STT	2	33,3 bac	2,3 ba	14,6 cb	3,2 bac	687,5 bac
	0,50 m	3	21,9 dc	2,0 bc	19,5 b	2,9 bc	535,0 c
	0,75 m	4	30,0 bdc	1,8 c	27,7 a	2,9 c	582,5 bc
	1,0 m	5	34,4 bac	1,8 c	17,2 cb	3,0 bc	563,8 c
H77-4643	TA	6	51,4 a	2,2 ba	13,5 cb	3,3 a	650,0 bac
	STT	7	43,1 ba	2,1 ba	13,3 cb	3,1 bac	787,5 a
	0,50 m	8	13,8 d	2,0 bc	16,8 cb	2,8 c	678,8 bac
	0,75 m	9	25,9 bdc	2,2 ba	14,2 cb	3,3 ba	730,0 ba
	1,0 m	10	37,2 bac	2,0 bc	11,5 c	3,3 ba	572,5 bc
Valor de F			7,38	9,76	12,0	7,72	6,29
P de F calculado			2,34 x 10 ⁻⁵	1,82 x 10 ⁻⁶	2,32 x 10 ⁻⁷	1,58 x 10 ⁻⁵	8,97 x 10 ⁻⁵

*Valores de P de F menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.

**Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 0,05.

Cuadro 4

Resultados del análisis estadísticos de los factores variedad y distancias entre plantas en la evaluación de la densidad de siembra de plántulas *in vitro* para el establecimiento de semilleros básicos.

Factor	Variable	Pérdidas Germinación (%)	Altura (m)	Tallos/m	Grosor (cm)	Peso (kg/ parcela)
Variedad	B76-259	32,5	2,0	18,3 a	3,1 a	612,3 a
	H77-4643	40,0	2,1	13,8 b	3,2 b	683,8 b
Valor de F		0,930	4,95	340	2,38	28,0
P de F calculado		0,406	0,113	$3,49 \times 10^{-4}$	0,221	0,0132
Distancias	0,50 m	17,9 c	2,0 b	18,1 ba	2,9 c	606,9 bc
	0,75 m	28,0 bc	2,0 b	20,9 a	3,1 cb	656,3 bac
	1,0 m	35,8 ba	1,9 b	14,3 bc	3,1 b	568,1 c
	STT	38,2 ba	2,2 a	13,9 bc	3,1 b	737,5 a
	TA	43,4 a	2,3 a	13,1 c	3,4 a	671,3 ba
Valor de F		14,6	11,7	10,7	12,7	7,28
P de F calculado		$3,50 \times 10^{-6}$	$2,04 \times 10^{-5}$	$4,10 \times 10^{-5}$	$1,06 \times 10^{-5}$	$5,48 \times 10^{-4}$

*Valores de P de F menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.

**Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 0,05.

Los resultados del análisis de los factores que se muestran en el Cuadro 4 apuntan a que los efectos de los factores variedad – distancia de siembra no son independientes, sino que existe una interacción favorecida presumiblemente por el factor variedad debido a las diferencias tan marcadas entre las dos variedades, especialmente en la variable peso en la que la H77-4643 fue muy superior a la B76-259, y este efecto favorece a los tratamientos de la variedad H77-4643. También se puede ver que, independientemente de la variedad, la distancia de 0,75 m entre plántulas, que corresponde a una densidad de 8.889 plántulas/ha, resultó ser la mejor desde el punto de vista de productividad de semilla.

Los datos del Cuadro 4 muestran también que los tratamientos sembrados a partir de esquejes (TA y SST) poseen valores de peso mayores que los tratamientos establecidos con almácigo. Al separar estos efectos del factor variedad y analizar por contrastes entre estos tratamientos, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de todas las variables de los tratamientos a partir de esquejes y los tratamientos a partir de almácigo *in vitro* (Cuadro 5).

Cuadro 5

Resultados de la comparación por contrastes ortogonales entre las medias de los tratamientos establecidos a partir de esquejes y los tratamientos con almácigo *in vitro*.

Parámetros	Altura (m)	Tallos/m	Grosor (cm)	Peso (kg/ parcela)
Promedio de tratamientos con plántulas	1,98	17,79	3,024	610,4
Promedio de tratamientos con esquejes	2,228	13,52	3,245	704,4
Valor de F	31,06	28,89	75,37	5,718
P de F calculado*	$1,21 \times 10^{-4}$	$1,67 \times 10^{-4}$	$1,61 \times 10^{-6}$	0,03406

*Valores de P de F menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.

Los datos del Cuadro 4 y el resultado del Cuadro 5 también revelan que ampliar la distancia entre plántulas para disminuir la densidad de siembra, no favoreció ni a la altura ni al grosor de los tallos como se esperaba; aunque la distancia de 0,75 m entre plántulas (equivalente a 8.889 plántulas/ha) es la que muestra los mejores resultados de las tres densidades evaluadas.

El Cuadro 6 y el Cuadro 7 muestran los datos de las correlaciones aplicadas y los modelos de mejor ajuste para las regresiones respectivamente, llevadas a cabo para determinar y cuantificar el probable nivel de relación entre ellas y su posible influencia en el rendimiento final de la semilla. Estas relaciones se ilustran desde la Figura 1 hasta la Figura 7.

Cuadro 6

Resultados de las correlaciones entre las variables agronómicas determinadas para la evaluación de la densidad de siembra de plántulas *in vitro* para el establecimiento de semilleros básicos.

Variables	Parámetros	Grosor (cm)	Tallos /m	Altura (m)	Peso (kg/ parcela)
Pérdidas (%)	r	0,3946	-0,3337	0,1468	0,01054
	R ²	0,1785	0,1372	0,02824	$1,112 \times 10^{-4}$
	Probabilidad de F	$6,613 \times 10^{-3}$	0,01862	0,3000	0,9485
Grosor (cm)	r		-0,5804	0,6951	0,3569
	R ²		0,3467	0,4923	0,1558
	Probabilidad de F		$6,417 \times 10^{-5}$	$4,567 \times 10^{-7}$	0,01173
Tallos/m	r			-0,4643	-0,2649
	R ²			0,2908	0,1025
	Probabilidad de F			$1,736 \times 10^{-3}$	0,1354
Altura (m)	r				0,6151
	R ²				0,3907
	Probabilidad de F				$1,046 \times 10^{-4}$

*Valores de probabilidad de F menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.

Cuadro 7

Modelos de mejor ajuste entre las variables agronómicas determinadas para la evaluación de la densidad de siembra de plántulas *in vitro* para el establecimiento de semilleros básicos.

Variables	Grosor (cm)	Tallos/m	Altura (m)	Peso (kg/ parcela)
Pérdidas (%)	$y=2,3995x^{0,0756}$	$y=20,628e^{-0,008982x}$	N. A.	N. A.
Grosor (cm)		$y=-0,469 \ln(x)+4,3946$	$y=1,9343 \ln(x)-0,1116$	$y=213,05x^{0,9675}$
Tallos/m			$y=0,91e^{-0,04081 \times x} x^{0,5404}$	N. A.
Altura (m)				$y=198,6e^{0,5721 \times x} x^{-0,03239}$

N. A.: No hay ajuste.

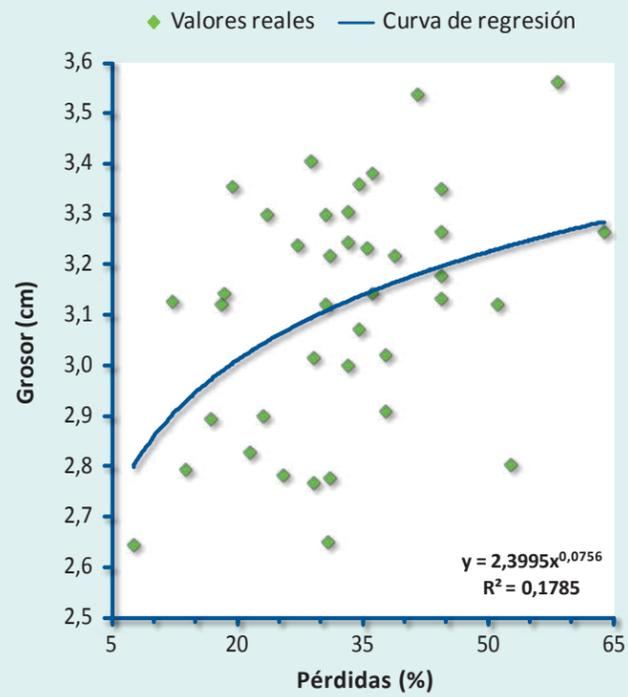


Figura 1

Relación entre las pérdidas (%) a los 30 días después de la siembra y el grosor de los tallos a los 6 meses.

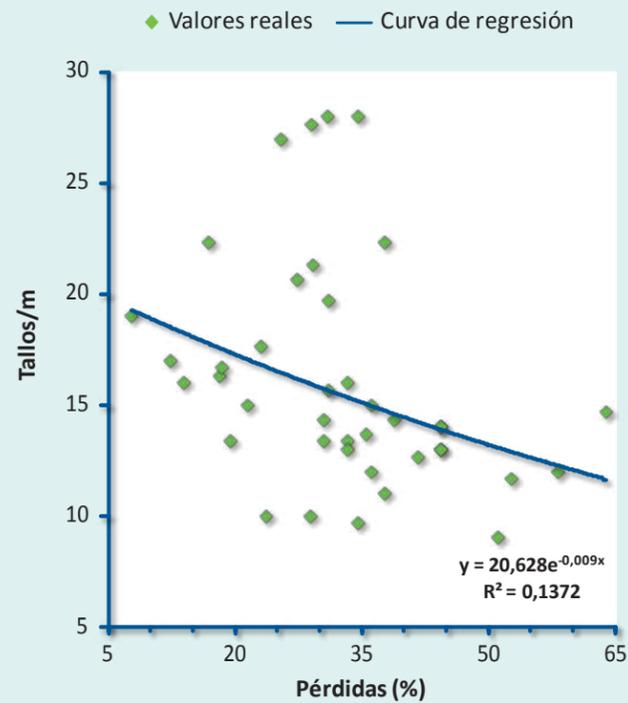


Figura2

Relación entre las pérdidas (%) a los 30 días después de la siembra y la cantidad de tallos adultos a los 6

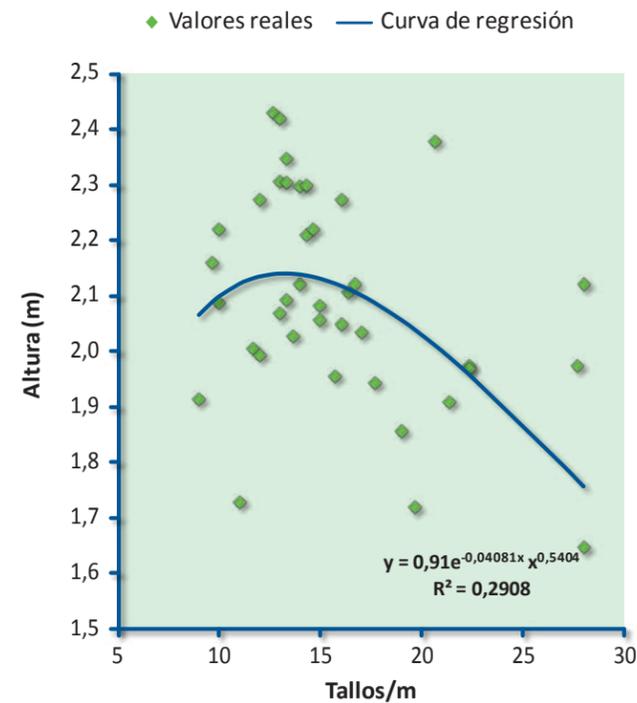


Figura 5

Relación entre el la cantidad de tallos adultos y la altura a los 6 meses después de la siembra.

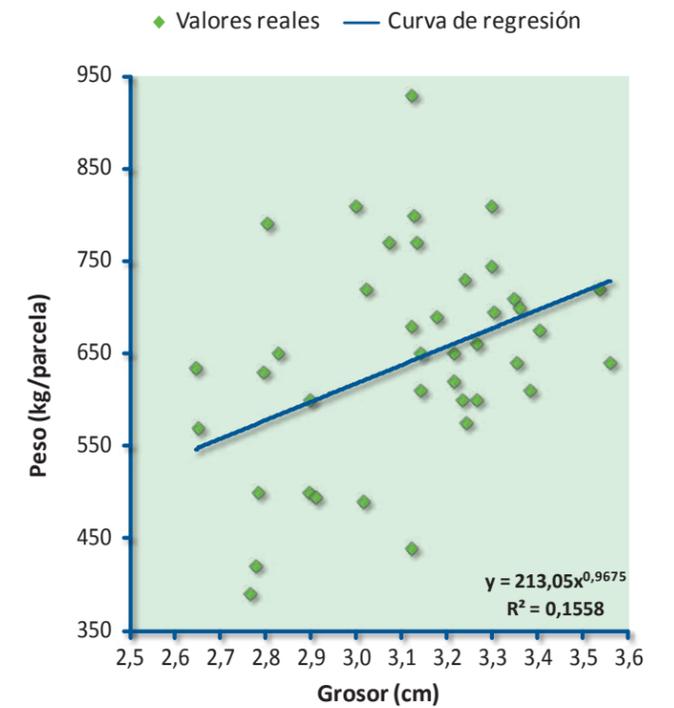


Figura 6

Relación entre el grosor de los tallos y el rendimiento de la semilla a los 9 meses después de la siembra.

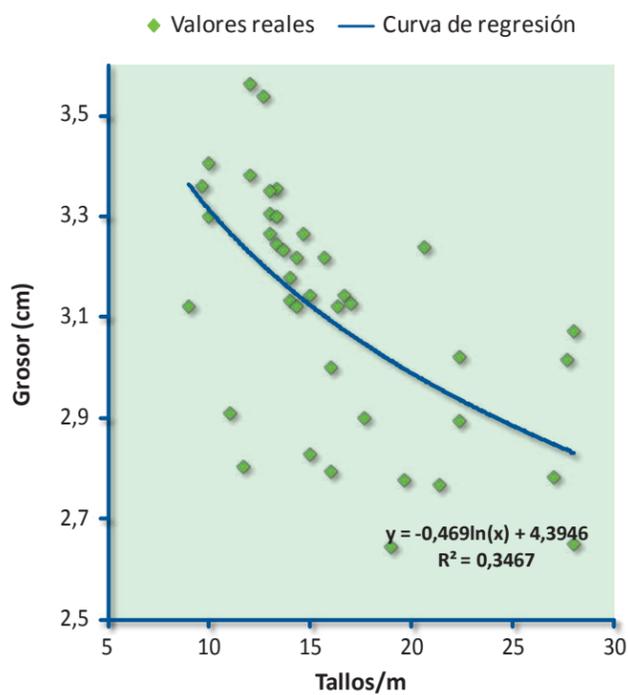


Figura 3

Relación entre el grosor y la cantidad de tallos adultos a los 6 meses después de la siembra.

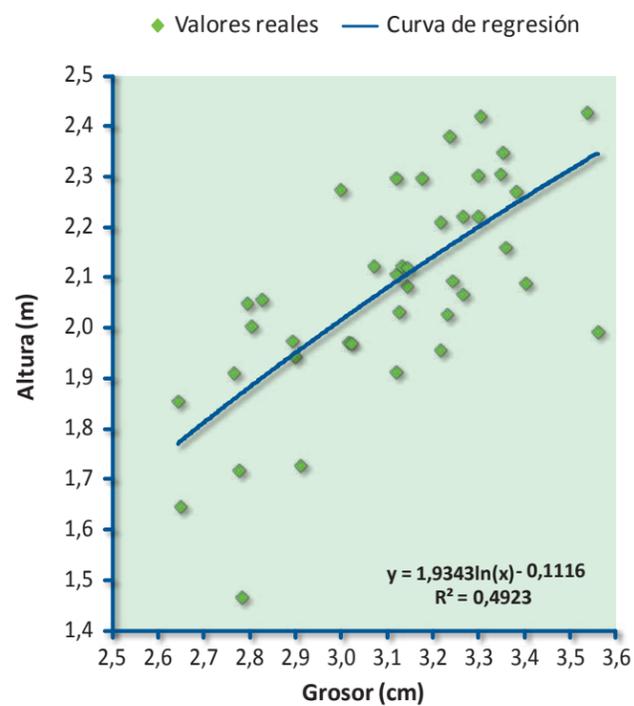


Figura 4

Relación entre el grosor y la altura de los tallos adultos a los 6 meses después de la siembra

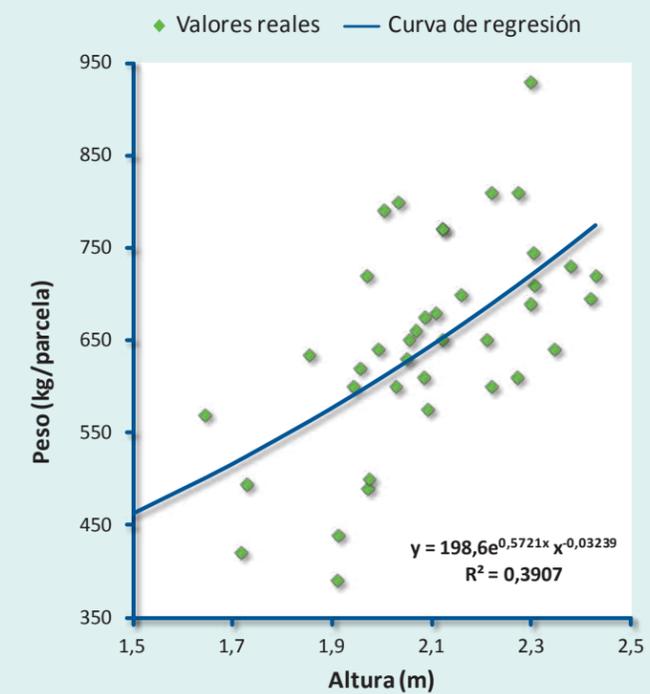


Figura 7

Relación entre la altura de los tallos y el rendimiento de la semilla a los 9 meses después de la siembra.

Los resultados de las correlaciones muestran tendencias inesperadas sobre todo en lo que tiene que ver con las pérdidas a la siembra o trasplante, debido a que se obtuvo una relación inversa entre las pérdidas con la cantidad de tallos/m (Figura 1); mientras que entre las pérdidas y el peso final de la semilla no se obtuvo ninguna correlación (Cuadro 6 y 7). Por otro lado se puede observar en la Figura 2 que hay una predisposición a aumentar el grosor de los tallos con el incremento en las pérdidas aunque el modelo es significativo y el ajuste es débil (Cuadro 6 y 7). El comportamiento que resulta en las tendencias de las regresiones de las Figuras 2 y 3 se justifican en que al aumentar las pérdidas hay menor cantidad de tallos/m, y al disminuir la población de tallos se manifiesta un incremento en el grosor de los mismos. No obstante la influencia del grosor de los tallos no es tan marcada en el rendimiento final (Figura 6).

El comportamiento de la altura de los tallos en función de la población de los mismos muestra claramente en la Figura 5 que se obtuvo una relación decreciente en perjuicio de la altura al aumentar la cantidad de tallos. Este resultado justifica el hecho de que las parcelas sembradas con almácigo *in vitro* tienden a mostrar un desarrollo menor que las establecidas a partir de esquejes, ya que como se muestra en el Cuadro 5, en promedio las parcelas de almácigo *in vitro* producen un 32% más de tallos que las parcelas sembradas con esquejes.

El grosor y la población de tallos tienen también una relación inversamente proporcional, al aumentar la cantidad de tallos/m se determinó una reducción en el grosor promedio de los mismos (Figura 3). Este efecto no se pudo atenuar con la reducción de la densidad de siembra de las plántulas ya que como se observa en el Cuadro 3, en general los tratamientos con plántulas *in vitro* presentaron un grosor menor que el de los tratamientos de esqueje, y las diferencias en el grosor promedio entre ambos tipos de material reproductivo son altamente significativas (Cuadro 5).

Importante la fuerte relación entre la altura y el rendimiento en peso de la semilla (Figura 7), siendo la variable agronómica que más influencia muestra en este sentido. En las parcelas de almácigo *in vitro* se obtuvo menor rendimiento, independientemente de la distancia de siembra, debido a la menor altura que presentaron los tallos en comparación con las parcelas de esquejes (Cuadro 5). En este sentido las variaciones en la densidad de siembra de las plántulas *in vitro* no tuvieron el efecto esperado, y hay que reiterar que definitivamente la densidad de 0,75 m entre plántulas y 1,5 m entre surcos (8.889 plántulas/ha) se muestra como la mejor en lo que a rendimiento de la semilla se refiere.

Conclusiones

Los semilleros establecidos a partir de almácigo *in vitro* presentan atributos de altura y grosor que están intrínsecamente ligadas a las características propias de las plántulas. El desarrollo de tallos de manera simultánea por parte de las plántulas *in vitro* en el campo, generan competencia entre sí debido a la mayor cantidad de tallos en comparación a las plantas que se desarrollan a partir de esquejes.

No fue posible estimular mediante la densidad de siembra la mejoría de los valores de grosor, altura y tonelaje. No obstante y tomando en cuenta el desempeño de las plantas obtenidas a partir de esquejes de semilleros *in vitro*, la semilla obtenida de semilleros básicos de plántulas de cultivo de tejidos es de una excelente calidad que puede estar a la altura de la semilla de tratamiento térmico.

Los resultados obtenidos sugieren que la mejor densidad de siembra para el almácigo *in vitro* es de 8.889 plántulas/ha, ya que las diferencias en rendimiento con la densidad de siembra tradicional de 13.334 plántulas/ha son mínimas, y permiten un mayor aprovechamiento del material de cultivo de tejidos.





Notas técnicas

Actualización de la reacción a la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) de las principales variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en ciclo de caña planta en Costa Rica.

Erick Chavarría Soto¹ ; Julio César Barrantes Mora² ; Carlos Luis Villalobos Méndez³ ; Willy Valverde Araya⁴

Resumen

Con el objetivo de actualizar la información sobre la reacción de las principales variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) de Costa Rica a la enfermedad de la roya naranja (*P. kuehnii*), se llevó a cabo una evaluación de 51 variedades en tres ambientes de producción diferentes: en los cantones de Puntarenas y Esparza de la Región de Puntarenas, y en la Región Sur de Costa Rica. Los resultados

confirman que la Región Sur continua siendo la más indicada para llevar a cabo este tipo de evaluaciones bajo condiciones de inóculo natural. El 60,8% de las variedades evaluadas mostraron resistencia a la roya naranja (*P. kuehnii*), pero llaman la atención la CP72-2086, H77-4643, Q96, B82-333 y la MEX 79-431 que mostraron aumentos importantes en la susceptibilidad a la enfermedad en comparación a la última

evaluación 5 años atrás. Los resultados de la interacción entre *P. kuehnii* y la caña de azúcar, y las diferencias entre las mismas variedades con respecto a evaluaciones anteriores, sugiere que el hongo se encuentra en un proceso dinámico de aclimatación que le está permitiendo ampliar la gama de hospederos y extender sus rangos de adaptabilidad a otros ambientes.

Introducción

La aparición de la enfermedad de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en Costa Rica a mediados del 2007 y la consecuente epidemia que se desarrolló en la Región Sur de Costa Rica en la variedad de caña de azúcar SP71-5574 con pérdidas registradas de hasta un 26,7% en tonelaje, motivó la realización de estudios que permitieran tener claridad respecto al comportamiento de las diferentes variedades con el objeto de valorar el riesgo y prevenir epidemias en otras regiones tales como los llevados a cabo durante el 2008 y 2009 (Chavarría y Barrantes, 2009; Chavarría, 2010). Estos estudios revelaron reacciones diferenciadas de las diferentes variedades, tanto en caña planta como en caña soca, determinadas bajo condiciones de inóculo natural en la Región Sur donde las condiciones para la infección por roya naranja son las ideales para el caso de Costa Rica. Los resultados de estos primeros estudios se resumen en los cuadros 1 y 2.

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

² Ingeniero Agrónomo, funcionario del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Coordinador Región Sur, Pérez Zeledón. San José, Costa Rica. E – mail: jbarrantes@laica.co.cr. Teléfono (506) 2771-3739.

³ Ingeniero Agrónomo, funcionario del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Coordinador Regional San Ramón. Alajuela, Costa Rica.

⁴ Ingeniero Agrónomo, funcionario del Departamento de Operaciones Agrícolas, CoopeAgri R. L. Peñas Blancas, Pérez Zeledón. San José, Costa Rica. E – mail: wivalverde@coopeagri.co.cr. Teléfono (506) 2738-2284.

Cuadro 1

Resultados preliminares del comportamiento en caña planta de 72 variedades comerciales y promisorias provenientes de las diferentes regiones cañeras de Costa Rica, al ataque de la roya naranja en la localidad de La Fortuna de San Pedro, Pérez Zeledón. San José, Costa Rica. 2008.

Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3	Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3	Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3	Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3
B59-92	-	H83-7206	-	LAICA 04-33	-	PR80-2038	-
B76-259	-	H87-5794	1	LAICA 04-44	-	Q 96	1
B76-385	-	H93-4398	-	LAICA 04-46	-	Q124	1
B77-95	1	LAICA 00-301	-	LAICA 04-48	-	Q132	-
B80-689	-	LAICA 01-213	-	LAICA 07-801	-	Q135	-
B82-333	-	LAICA 01-604	-	LAICA 07-807	-	Q138	1
BJ82-119	1	LAICA 02-35	-	LAICA 07-808	1	RB72-1012	6
CP72-1210	-	LAICA 02-36	-	LAICA 07-809	-	RB73-9735	-
CP72-2086	1	LAICA 04-03	-	LAICA 07-811	-	RD75-11	-
CP80-1743	-	LAICA 04-04	-	LAICA 07-812	-	SABORIANA	-
CP87-1248	-	LAICA 04-10	-	LAICA 87-601	-	SP70-1284	-
CP89-2143	-	LAICA 04-22	-	LCP85-384	-	SP71-1406	-
H61-1721	-	LAICA 04-244	-	MEX79-431	-	SP71-3149	-
H74-1715	-	LAICA 04-249	-	NA56-42	20	SP71-5574	30
H75-6208	-	LAICA 04-250	-	NA85-1602	-	SP71-6180	1
H77-2545	-	LAICA 04-256	-	NCO310	-	SP79-2233	15
H77-4643	1	LAICA 04-261	15	NCO376	-	SP81-2068	-
H78-7750	-	LAICA 04-265	20	PINDAR	-	SP82-1176	-

Fuente: Chavarría y Barrantes, 2009.

Cuadro 2

Resultados de la evaluación del comportamiento en caña soca de 72 variedades comerciales y promisorias provenientes de las diferentes regiones cañeras de Costa Rica, al ataque de la roya naranja en la localidad de La Fortuna de San Pedro, Pérez Zeledón. San José, Costa Rica. 2009.

Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3	Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3	Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3	Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3
B59-92		H83-7206		LAICA 04-33		PR80-2038	
B76-259		H87-5794		LAICA 04-44		Q 96	1,61
B76-385	0,40	H93-4398		LAICA 04-46	1,65	Q124	
B77-95	0,46	LAICA 00-301	0,05	LAICA 04-48	3,10	Q132	
B80-689		LAICA 01-213		LAICA 07-801		Q135	
B82-333		LAICA 01-604	3,30	LAICA 07-807		Q138	1,22
BJ82-119	0,13	LAICA 02-35		LAICA 07-808		RB72-1012	16,93
CP72-1210	0,52	LAICA 02-36	7,62	LAICA 07-809		RB73-9735	18,10
CP72-2086	1,37	LAICA 04-03		LAICA 07-811		RD75-11	
CP80-1743	0,75	LAICA 04-04		LAICA 07-812	1,14	SABORIANA	
CP87-1248		LAICA 04-10	0,48	LAICA 87-601		SP70-1284	
CP89-2143		LAICA 04-22		LCP85-384		SP71-1406	
H61-1721		LAICA 04-244		MEX79-431		SP71-3149	3,98
H74-1715	2,75	LAICA 04-249		NA56-42	5,04	SP71-5574	31,43
H75-6208		LAICA 04-250		NA85-1602		SP71-6180	3,29
H77-2545		LAICA 04-256		NCO310		SP79-2233	22,35
H77-4643	0,76	LAICA 04-261	2,66	NCO376		SP81-2068	0,20
H78-7750		LAICA 04-265	16,01	PINDAR	1,09	SP82-1176	0,90

Fuente: Chavarría, 2010.

En estos estudios previos se pudo determinar que además de la SP71-5574, las variedades SP79-2233, RB73-9735, RB72-1012 y LAICA 04-265 se perfilaban como materiales de alto riesgo por su alta susceptibilidad a la enfermedad. Sin embargo por otro lado se determinó con satisfacción que el 93% de las variedades evaluadas estaban en un nivel de reacción de tolerancia o resistencia a la enfermedad; y que el 59,7% de los materiales eran completamente resistentes sin mostrar síntomas de roya naranja (*P. kuehni*).

Luego de un periodo de 5 años se hace necesario realizar una revisión de la reacción de las variedades de caña de las diferentes regiones a la roya naranja (*P. kuehni*), motivado por principalmente por dos situaciones observadas en el entorno productivo: 1) el surgimiento de nuevos materiales promisorios en algunas regiones; y 2)

las diferencias observadas en el campo en cuanto a cambios en los patrones de comportamiento de la enfermedad en variedades específicas y/o zonas de producción donde la enfermedad no se desarrollaba como fue el caso de la variedad B89-1351 en la Región Sur (Chavarría y Barrantes, 2011); y como está aconteciendo con la variedad H77-4643 en la zona alta de la Región Turrialba (Chavarría, 2012).

El objetivo principal de este trabajo es brindar una actualización de la reacción que están teniendo las principales variedades comerciales de caña de azúcar en Costa Rica a la enfermedad de la roya naranja (*P. kuehni*) en tres ambientes de producción diferentes. Como aporte complementario se brindará también información acerca del comportamiento de la roya café (*Puccinia melanocephala*) en las mismas variedades, la cual también fue evaluada de manera simultánea.

Metodología

Se seleccionaron un total de 51 variedades entre comerciales y promisorias procedentes de todas las regiones productoras de caña de azúcar de Costa Rica, la lista se detalla en el Cuadro 3 y entre los materiales evaluados se tomó en cuenta la variedad SP71-5574, que fuera ampliamente explotada en el país hasta la llegada de la roya naranja (*P. kuehni*), como testigo de la presencia de la enfermedad. Se establecieron simultáneamente tres pruebas, una a 600 m sobre el nivel del mar (msnm) en la Región Sur en el distrito de San Pedro, cantón Pérez Zeledón, provincia de San José (9,252189° latitud Norte; 83,528515° longitud Oeste); dos en la costa del Pacífico en la Región de Puntarenas, específicamente en el distrito de Esparza (9,995290° latitud Norte; 84,635902° longitud Oeste) a 241 msnm; la segunda en el distrito de Puntarenas en terrenos de Azucarera El Palmar (10,018534° latitud Norte; 84,777590° longitud Oeste) a 10 msnm. Las pruebas en la Región de Puntarenas a pesar de estar en la misma región

y muy cerca entre sí, difieren completamente en condiciones, especialmente en lo que al suelo se refiere debido a que el suelo en el que se ubicó la prueba de Esparza es más pobre y pertenece la orden de los Ultisoles, mientras que en la parte baja de la región predominan Inseptisoles de origen aluvial. La prueba de la Región Sur se ubica en suelos del orden de los Ultisoles. La B80-689 se incorporó de manera extemporánea y se estableció solamente en las pruebas de la Región de Puntarenas por lo que no presenta resultados en la Región Sur. El Cuadro 4 resume las características más sobresalientes de las regiones en las que se evaluaron los materiales así como el resto de las regiones cañeras del país.

En las tres pruebas todas las variedades estuvieron expuestas al inóculo natural de la roya naranja (*P. kuehni*). La evaluación consistió en estimar de manera sistemática el porcentaje de área foliar afectada por la enfermedad sobre la hoja +3 de la planta, de

acuerdo a la descripción botánica de Kuijper (1915), haciendo diez lecturas visuales por parcela en diez tallos diferentes seleccionados al azar. Las evaluaciones se realizaron de forma mensual, a diferencia de los estudios del 2008 y 2009 que se realizaron cada dos semanas (Chavarría y Barrantes, 2009). Se efectuaron un total de cuatro evaluaciones desde los tres y hasta los seis meses de edad del cultivo en caña planta. Aunque el objetivo principal era la roya naranja (*P. kuehni*), también se evaluó la roya café (*P. melanocephala*) en los casos en que se evidenciara su presencia.

Los datos se analizaron mediante regresión aplicando los modelos de mejor ajuste según fuera el caso, para determinar la curva de progreso de la enfermedad en el tiempo en las tres zonas evaluadas. La reacción a la enfermedad se definió siguiendo el criterio mostrado en el Cuadro 5, propuesto por Esquivel (1980), recopilado y adaptado por Chavarría (2006).

Cuadro 3
Variedades comerciales y promisorias seleccionadas para la determinación de la reacción a la roya naranja (*P. kuehni*) en Costa Rica. Año 2014.

Variedad	Origen	Región de Cultivo	Variedad	Origen	Región de Cultivo
B80-689*	Barbados	Guanacaste	LAICA 10-804	Costa Rica	Sur
B82-333	Barbados	Guanacaste	LAICA 01-604	Costa Rica	Sur, Norte
B89-138	Barbados	Guanacaste	LAICA 03-805	Costa Rica	Sur, Norte
CG97-100	Guatemala	Guanacaste	LAICA 04-809	Costa Rica	Sur, Norte, Valle Central
LAICA 00-301	Costa Rica	Guanacaste	SP71-5574 (testigo)	Brasil	Sur, Valle Central
LAICA 03-367	Costa Rica	Guanacaste	Q96	Australia	Todo el país
LAICA 04-303	Costa Rica	Guanacaste	RB86-7515	Brasil	Todo el país
LAICA 06-311	Costa Rica	Guanacaste	LAICA 01-213	Costa Rica	Turrialba
LAICA 06-321	Costa Rica	Guanacaste	LAICA 04-261	Costa Rica	Turrialba (zona alta)
NA56-42	Argentina	Guanacaste	LAICA 04-250	Costa Rica	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona alta)
NA85-1602	Argentina	Guanacaste	H61-1721	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
LAICA 07-309	Costa Rica	Guanacaste, Norte	H65-7052	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP00-2150	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H68-1158	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP01-2060	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H74-1715	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP02-1651	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H75-6208	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP72-1210	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H77-2545	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP72-2086	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H77-4643	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP80-1743	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H78-2313	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP89-2143	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	B76-259	Barbados	Turrialba, Norte
SP81-3250	Brasil	Guanacaste, Puntarenas	B76-385	Barbados	Turrialba, Norte
MEX79-431	México	Guanacaste, Valle Central	B77-95	Barbados	Turrialba, Norte
PR79-3009	Puerto Rico	Norte	LAICA 07-26	Costa Rica	Valle Central
PR80-2038	Puerto Rico	Norte	LAICA 07-27	Costa Rica	Valle Central
LAICA 05-805	Costa Rica	Sur	LAICA 08-22	Costa Rica	Valle Central
LAICA 07-801	Costa Rica	Sur	SP78-4764	Brasil	Valle Central
LAICA 08-808	Costa Rica	Sur			

Cuadro 4

Caracterización edafoclimática de las regiones productoras de caña de azúcar de Costa Rica. 2012.

INDICADOR	REGIONES PRODUCTORAS						PROMEDIO NACIONAL
	GUANACASTE	PUNTARENAS (Pacífico Central)	VALLE CENTRAL	NORTE (San Carlos, Los Chiles)	TURRIALBA (Turrialba, Juan Viñas)	SUR (Pérez Zeledón, Buenos Aires)	
Provincias Involucradas	Guanacaste Puntarenas	Puntarenas Alajuela Guanacaste	Alajuela San José Heredia	Alajuela	Cartago	San José Puntarenas	
Latitud (Norte)	10o 11' - 10o 44'	09o 53' - 10o 05'	09o 57' - 10o 08'	10o 19' - 11o 01'	09o 48' - 09o 58'	09o 10' - 09o 22'	09o 10' - 10o 19'
Longitud (Oeste)	84o 57' - 85o 38'	84o 31' - 84o 48'	84o 12' - 84o 30'	84o 20' - 84o 43'	83o 33' - 83o 55'	83o 20' - 83o 42'	83o 20' - 84o 57'
Altitud Plantaciones (msnm)	5 - 160	0 - 350	600 - 1400	40 - 680	480 - 1.500	350 - 750	0 - 1500
Ordenes de Suelo Predominantes	Inceptisol Vertisol Mollisol Entisol	Entisol Inceptisol Alfisol	Inceptisol Andisol Alfisol Ultisol	Inceptisol Ultisol Andisol	Ultisol Andisol Inceptisol	Ultisol Inceptisol	Inceptisol Ultisol Vertisol Andisol
Precipitación Anual (mm)	1.100 - 2.600 (1.700)	1.100 - 2.900 (1.800)	1.450 - 3.900 (2.900)	1.700 - 4.300 (3.200)	2.500 - 3.300 (2.900)	2.400 - 4.300 (3.400)	1.100 - 4.300 (2.700)
Temperatura (oC)							
Máxima	31-34 (32,7)	30-35 (31,8)	27-32 (29,3)	27-33 (30,0)	23-30 (26,5)	26-33 (29,5)	23-35 (29,0)
Media	26-28 (27,5)	25-29 (27)	20-27 (23,3)	23-27 (24,8)	18-23 (21,2)	22-27 (24,5)	18-27 (22,5)
Mínima	21-24 (22,3)	19-24 (21,6)	13-20 (16,5)	18-21 (19,5)	14-19 (16,5)	17-21 (19,2)	13-24 (18,5)
Amplitud	10 (10,4)	11 (10,2)	12-14 (12,8)	9-12 (10,5)	9-11 (10,0)	9-12 (10,5)	10-11 (10,5)
Brillo Solar (Horas y Décimos)	4,9 - 10,2 (7,5)	3,5 - 9,1 (6,3)	4,8 - 9,4 (6,2)	1,4 - 6,9 (3,9)	2,2 - 5,2 (4,2)	3,5 - 7,8 (5,2)	1,4 - 10,2 (5,8)
Radiación Solar (MJ/m ²)	14 - 23,2 (18,6)	13,5 - 20 (16,7)	18	16	10,6 - 19,1 (16,2)	-	10,6 - 23,2 (16,9)
Uso de Riego	Importante	Importante	Ocasional	No	No	En Semilleros	Importante
Relieve	Plano/ Ligeramente	Plano/ Moderada	Plano/ Ondulado	Plano/ Ondulado	Ondulado	Plano/ Ondulado	Ondulado
Grado de Pendiente (%)	0 - 8	0 - 12	0 - 30	0 - 25	0 - 35	0 - 20	0 - 35
Riesgo de Inundación	Medio-Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Nulo	Medio
Grado de Mecanización	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio	Alto
Área Sembrada (ha)	30.100	5.700	4.450	7.900	4.700	4.050	57.500
Nº Ingenios Activos	3	1	4	2	2	1	13
No Entregadores	2.971	97	1.252	762	583	2.382	8.047
Ciclo Vegetativo (meses)	12	12	12-16	12	12 - 24	12	12 - 24
Maduración	Buena	Buena	Muy Buena	Deficiente	Muy Buena	Excelente	Buena
Rendimiento Industrial* Promedio kg azúcar/tm	108,84	99,36	110,51	96,73	113,69	128,85	108,85
Caña (tm)* Procesada	2.112.212	337.895	372.460	445.446	261.096	294.007	3.823.114
Azúcar (tm)* Fabricado	229.902	33.575	49.956	43.183	29.576	37.883	415.075
Relación* Caña/Azúcar	9,2	10,1	9,1	10,3	8,8	7,8	9,2

*Valores correspondientes a la Zafra 2011-2012 en 96° POL. / Fuente: Chaves y Bermúdez, 2012.

Cuadro 5

Escala de evaluación propuesta por IAA/PLANALSUCAR para la evaluación de la resistencia de la caña de azúcar a la Roya (*Puccinia melanocephala*), y su equivalencia con la escala internacional de la ISSCT.

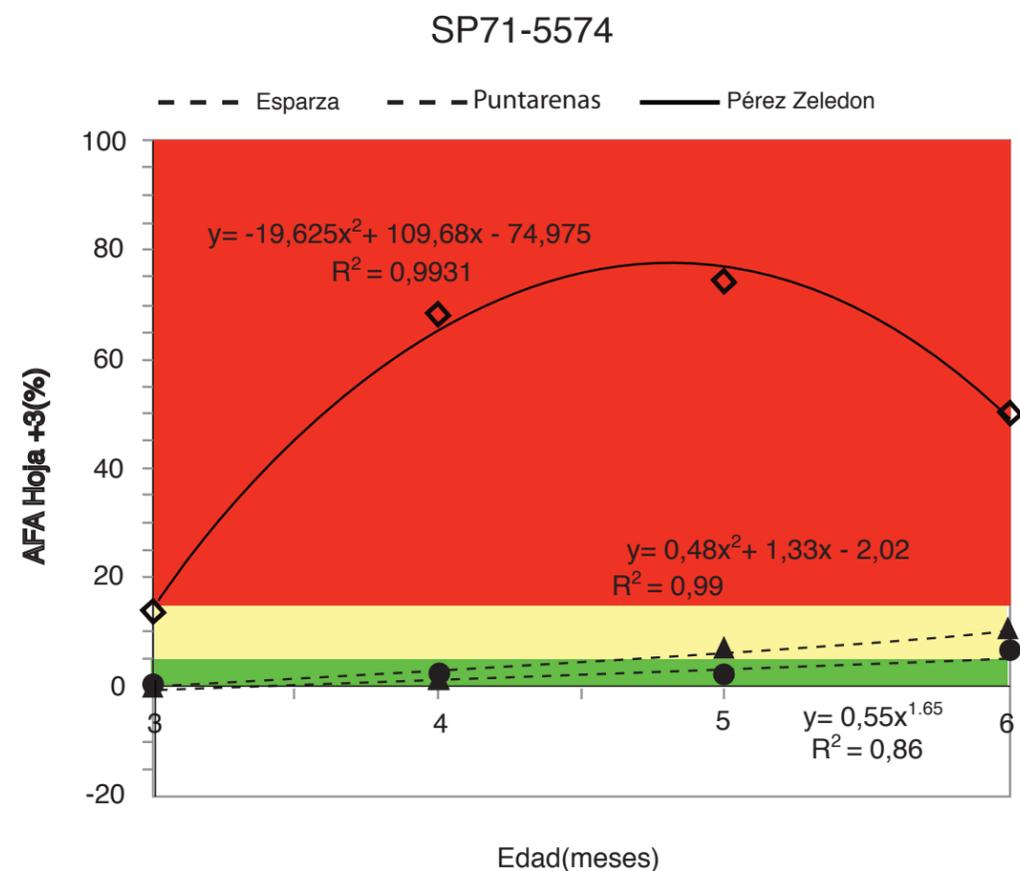
Grado	Reacción	Descripción de los síntomas	Grado ISSCT
1	Immune (I)	Hoja sana.	0
2	Resistente (R)	Sólo manchas cloróticas en las hojas, incluyendo algunos síntomas necróticos, afectando hasta el 5% del área foliar.	2
3	Intermedia (MR)	Manchas cloróticas, necróticas y algunas pústulas en las hojas viejas, afectando hasta el 15% del área foliar.	5
4	Susceptible (S)	Manchas cloróticas, necróticas y pústulas en hojas medias e inferiores, afectando hasta el 30% del área foliar.	7
5	Muy Susceptible (MS)	Manchas cloróticas, necróticas y pústulas en todas las hojas, afectando más del 30% del área foliar. Amarillamiento general de las hojas.	9

Fuente: Esquivel (1980), citado y modificado por Chavarría (2006).

Resultados y Discusión

Los resultados de severidad obtenidos de la estimación del porcentaje de daño en la hoja +3 para cada variedad que se muestran en los cuadros 6, 7 y 8, indican que hay presencia de la *P. kuehnii* en los tres sitios de evaluación y claramente se puede observar que hay diferencias marcadas en cuanto al daño de la enfermedad entre localidades. Esto confirma el hecho de que el daño de la roya naranja en Costa Rica está muy relacionado con las condiciones propias de producción del sitio de siembra y de la interacción de la variedad – enfermedad con una fuerte influencia del ambiente, siendo la Región Sur la que presenta las condiciones ideales para que la roya naranja se exprese con su mayor potencial de daño, circunstancia que se manifiesta con mucha claridad en el comportamiento del testigo SP71-5574 con valores de severidad bastante distintos y comportamiento diferenciado del daño de la enfermedad en el tiempo (Figura 1). Este resultado ratifica a la Región Sur de Costa Rica como la mejor localidad referente para la valoración de la reacción de las variedades de caña de azúcar a la enfermedad de la roya naranja, en condiciones de inóculo natural.

El Cuadro 6 detalla los materiales que de acuerdo a los niveles estimados de daño en la Región Sur, estarían mostrando reacción de resistencia o inmunidad de acuerdo a los criterios del Cuadro 5. Estas variedades (31 en total) se mantuvieron por debajo del 5% del AFA en los valores máximos de severidad estimados durante los cuatro meses de evaluación; constituyen el 60,8% del total de las variedades evaluadas, valor bastante alejado del 93% obtenido en el primer grupo evaluado en el periodo 2008 – 2009. Del total de variedades clasificadas como resistentes apenas el 9,7% no manifestaron síntomas, valor que contrasta bastante con el 59,7% obtenido 5 años atrás.



Edad(meses)

Figura 1

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad SP71-5574 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

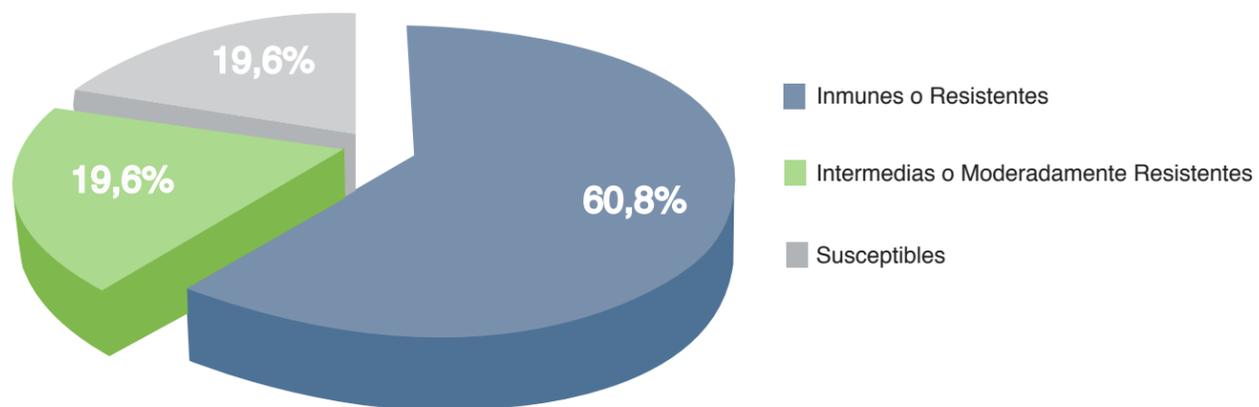


Figura 2

Distribución de las variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) comerciales y promisorias de Costa Rica en las diferentes categorías de reacción a la roya naranja (*P. kuehni*) durante el 2014.

Cuadro 6

Valores de área foliar afectada en porcentaje (AFA) estimada sobre la hoja +3 de las variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) con reacción inmune o resistente a la roya naranja (*P. kuehni*) en tres localidades productoras en Costa Rica en el 2014.

Variedad	Esparza		Puntarenas		Pérez Zeledón	
	AFA (%)		AFA (%)		AFA (%)	
	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio
B76-259	-	-	0,50	0,13	0,50	0,20
B76-385	0,10	0,03	0,20	0,10	2,30	1,55
B77-95	0,30	0,08	1,30	0,35	1,80	0,85
B80-689	0,40	0,18	-	-	N/D	N/D
B89-138	0,10	0,03	-	-	1,90	0,85
CG97-100	0,10	0,03	-	-	3,60	1,18
CP00-2150	0,30	0,10	0,80	0,20	4,70	1,28
CP01-2060	-	-	0,10	0,03	0,40	0,23
CP72-1210	3,70	2,15	4,70	1,85	3,30	1,03
CP89-2143	0,20	0,05	0,60	0,15	3,90	0,98
H61-1721	0,10	0,03	-	-	0,10	0,03
H68-1158	0,10	0,03	-	-	0,20	0,05
H75-6208	-	-	0,10	0,03	0,60	0,23
H78-2313	-	-	0,20	0,05	0,70	0,18
LAICA 00-301	0,30	0,13	1,20	0,60	1,60	0,63
LAICA 01-604	-	-	0,10	0,03	4,50	1,30
LAICA 03-805	0,20	0,10	-	-	1,60	0,83
LAICA 04-250	0,10	0,03	0,40	0,10	-	-
LAICA 05-805	-	-	-	-	0,20	0,10
LAICA 06-321	0,10	0,03	0,70	0,18	2,70	0,68
LAICA 07-26	-	-	0,20	0,05	0,70	0,23
LAICA 07-27	-	-	-	-	0,40	0,10
LAICA 07-80	-	-	-	-	0,90	0,40
LAICA 08-22	0,10	0,03	-	-	0,10	0,05
LAICA 08-808	-	-	0,10	0,03	-	-
LAICA 10-804	1,10	0,33	0,20	0,05	2,20	0,75
PR79-3009	0,10	0,03	0,10	0,05	-	-
PR80-2038	0,10	0,03	0,20	0,05	1,50	0,58
RB86-7515	-	-	-	-	0,80	0,38
SP78-4764	-	-	0,20	0,10	1,70	0,73
SP81-3250	-	-	0,90	0,43	1,00	0,45

Los materiales genéticos con reacción intermedia a la enfermedad (de 5 a 15% de AFA) se consignan en el Cuadro 7. Este grupo representa el 19,6% del total de variedades evaluadas, y se caracterizan por mostrar valores máximos de severidad dentro del rango indicado durante el periodo de evaluación en la localidad referente, que corresponde a la Región Sur. Por otro lado, el Cuadro 8 detalla las variedades que se clasifican dentro del rango que las define como susceptibles o altamente susceptibles en concordancia con los resultados de la evaluación.

Cuadro 7

Valores de área foliar afectada en porcentaje (AFA) estimada sobre la hoja +3 de las variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) con reacción intermedia o moderadamente resistente a la roya naranja (*P. kuehni*) en tres localidades productoras en Costa Rica en el 2014.

Variedad	Esparza		Puntarenas		Pérez Zeledón	
	AFA (%)		AFA (%)		AFA (%)	
	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio
B82-333	-	-	1,10	0,48	14,30	4,88
CP02-1651	0,20	0,08	-	-	10,50	6,78
H74-1715	0,20	0,05	1,30	0,73	5,70	2,78
H77-2545	0,10	0,03	0,50	0,15	5,60	3,00
LAICA 04-303	0,10	0,03	1,40	0,68	7,40	2,30
LAICA 04-809	-	-	-	-	9,00	3,15
LAICA 07-309	0,10	0,05	0,20	0,05	8,90	2,78
MEX79-431	0,30	0,13	-	-	10,10	5,28
NA56-42	0,30	0,10	1,10	0,28	9,00	3,63
NA85-1602	-	-	1,20	0,33	5,50	2,38

Cuadro 8

Valores de área foliar afectada en porcentaje (AFA) estimada sobre la hoja +3 de las variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) con reacción de susceptibilidad a la roya naranja (*P. kuehni*) en tres localidades productoras de Costa Rica en el 2014.

Variedad	Esparza		Puntarenas		Pérez Zeledón	
	AFA (%)		AFA (%)		AFA (%)	
	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio
CP72-2086	0,90	0,50	2,70	1,20	22,10	16,33
CP80-1743	3,80	1,58	6,60	2,35	37,40	23,78
H65-7052	2,40	1,33	5,20	2,23	32,40	21,65
H77-4643	5,00	2,55	9,00	5,08	39,40	24,85
LAICA 01-213	0,10	0,03	0,10	0,03	36,00	23,23
LAICA 03-367	5,30	1,60	15,20	6,28	68,30	38,23
LAICA 04-261	2,80	1,88	4,40	1,83	34,80	23,93
LAICA 06-311	0,70	0,25	1,90	0,80	15,50	9,08
Q96	0,20	0,13	0,60	0,25	18,10	13,23
SP71-5574	6,70	2,95	10,70	4,88	74,80	52,03

En términos generales el valor promedio estimado de AFA de las variedades evaluadas registró un incremento de 1,3 en el 2009 a 6,0 para esta evaluación, con una contribución importante de algunos materiales que han variado en cuanto a su comportamiento con respecto a la enfermedad. El Cuadro 9 resume las variaciones más significativas de algunas de las variedades importantes a nivel nacional, donde se puede apreciar que, además del testigo SP71-5574 que presenta un incremento de la severidad de un 24,09% del AFA, variedades de importancia como la CP72-2086, H77-4643, y Q96 mostraron un aumento bastante evidente en la susceptibilidad a la enfermedad. También son notables la B82-333 y la MEX 79-431 que se mostraron completamente inmunes a la roya naranja (*P. kuehni*) hace 5 años y para el 2014 presentan un incremento a casi un 5% de AFA que llama la atención.

Cuadro 9

Variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) que muestran incrementos en la magnitud del daño por roya naranja (*P. kuehni*) en el periodo que comprende entre los años 2009 y 2014 durante la determinación de la reacción a la enfermedad en Costa Rica.

Variedad	Severidad (% AFA hoja +3)		
	2009	2014	Diferencia
B82-333	-	4,88	4,88
CP72-2086	1,22	16,33	15,11
CP80-1743	0,17	23,78	23,61
H74-1715	2,44	2,78	0,33
H77-4643	0,42	24,85	24,43
LAICA 04-261	1,18	23,93	22,74
MEX79-431	-	5,28	5,28
NA56-42	2,24	3,63	1,39
NA85-1602	-	2,38	2,38
Q96	0,54	13,23	12,69
SP71-5574 (testigo)	27,93	52,03	24,09

En relación a la roya café (*P. melanocephala*) se puede observar en los datos del Cuadro 10 que el comportamiento no difiere al de la roya naranja (*P. kuehni*) en las diferencias de la expresión del daño entre los tres sitios de evaluación. La principal diferencia observada con la roya naranja (*P. kuehni*) radica en la magnitud de los daños, que para el caso de la roya café (*P. melanocephala*) tienden a ser menores, lo que sugiere que las características agroclimáticas de Costa Rica favorecen mayormente a *P. kuehni* que a la *P. melanocephala* bajo las mismas condiciones de cultivo. Entre la información que se brinda en el Cuadro 10 se destaca el comportamiento de las variedades LAICA 06-311, LAICA 10-804, NA56-42 y SP78-4764 como las de mayor afección por el ataque de *P. melanocephala*, sin llegar a los niveles de severidad alcanzados por la *P. kuehni* en otras variedades susceptibles a la roya naranja. Sigue mostrándose la variedad NA56-42 como el material más susceptible a la roya café (*P. melanocephala*) que se tiene dentro de la oferta varietal de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en Costa Rica.

La Figura 3 ilustra los resultados de la correlación entre la severidad de los síntomas de roya café y los de roya naranja. El resultado muestra que no hay relación aparente entre la magnitud de la severidad de los síntomas de ambas enfermedades por lo que la manifestación es presuntamente independiente entre las dos bajo las condiciones evaluadas en Costa Rica.

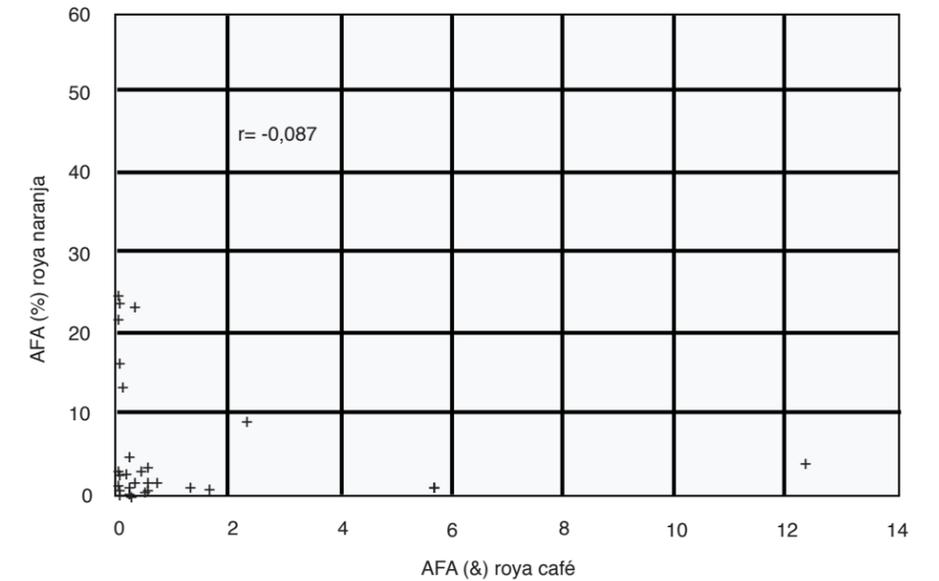
Cuadro 10

Valores de severidad de roya café (*P. melanocephala*), estimada como porcentaje de área foliar afectada (AFA) en la hoja +3, obtenidas en el estudio de la reacción a la enfermedad de 51 variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) provenientes de las diferentes regiones productoras de Costa Rica, evaluadas en tres diferentes localidades.

Variedad	Esparza		Puntarenas		Pérez Zeledón	
	AFA (%)		AFA (%)		AFA (%)	
	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio
B76-259	1,70	0,43	0,10	0,03	0,20	0,10
B76-385	-	-	-	-	1,00	0,30
B77-95	0,10	0,03	-	-	-	-
B80-689	0,10	0,03	0,10	0,03	N/D	N/D
B82-333	-	-	-	-	0,70	0,18
B89-138	0,80	0,25	-	-	0,40	0,18
CG97-100	-	-	-	-	1,20	0,50
CP00-2150	-	-	-	-	1,50	0,55
CP01-2060	0,30	0,08	0,10	0,03	1,00	0,33
CP02-1651	0,20	0,05	0,10	0,03	-	-
CP72-1210	-	-	-	-	0,20	0,05
CP72-2086	0,10	0,03	-	-	-	-
CP80-1743	0,10	0,03	6,80	1,98	-	-
CP89-2143	0,40	0,10	-	-	-	-
H61-1721	-	-	-	-	0,10	0,03
H65-7052	-	-	-	-	-	-
H68-1158	-	-	-	-	-	-
H74-1715	-	-	-	-	0,10	0,03
H75-6208	1,20	0,30	-	-	0,90	0,23
H77-2545	-	-	-	-	-	-
H77-4643	0,10	0,03	-	-	-	-
H78-2313	0,30	0,08	-	-	0,70	0,28
LAICA 00-301	0,60	0,15	-	-	0,20	0,05
LAICA 01-213	0,20	0,05	-	-	1,20	0,30
LAICA 01-604	-	-	0,20	0,05	1,20	0,73
LAICA 03-367	-	-	-	-	1,60	0,40
LAICA 03-805	-	-	-	-	1,10	0,28
LAICA 04-250	-	-	-	-	-	-
LAICA 04-261	-	-	2,60	0,78	-	-
LAICA 04-303	0,20	0,05	-	-	-	-
LAICA 04-809	0,70	0,18	-	-	1,80	0,50
LAICA 05-805	-	-	-	-	1,50	0,68
LAICA 06-311	0,10	0,03	-	-	9,20	2,30
LAICA 06-321	-	-	-	-	1,10	0,50
LAICA 07-26	1,30	0,33	-	-	0,90	0,30
LAICA 07-27	0,10	0,03	-	-	0,60	0,25
LAICA 07-309	0,30	0,08	-	-	1,70	0,43
LAICA 07-80	-	-	-	-	0,70	0,18
LAICA 08-22	0,50	0,13	-	-	0,60	0,23
LAICA 08-808	0,20	0,05	-	-	0,50	0,18
LAICA 10-804	-	-	0,10	0,03	12,70	5,68
MEX79-431	-	-	-	-	-	-
NA56-42	-	-	3,00	1,25	20,60	12,33
NA85-1602	-	-	-	-	0,50	0,13
PR79-3009	0,70	0,20	0,50	0,35	0,50	0,25
PR80-2038	0,30	0,08	-	-	3,30	1,65
Q96	0,10	0,03	-	-	0,40	0,10
RB86-7515	0,40	0,10	-	-	0,90	0,23
SP71-5574	-	-	-	-	-	-
SP78-4764	2,10	0,53	0,10	0,03	4,20	1,28
SP81-3250	0,70	0,18	-	-	1,10	0,48

Figura 3

Correlación entre los niveles de severidad promedio de la roya café (*P. melanocephala*) y la roya naranja (*P. kuehni*) expresada como porcentaje de área foliar afectada (AFA) en la hoja +3 de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Costa Rica. Año 2014.



Conclusiones

Es evidente que debido a la heterogeneidad en las condiciones edafoclimáticas que hay entre las diferentes regiones productoras de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) de Costa Rica, ambas royas (*P. kuehni* y *P. melanocephala*) exhiben comportamientos distintos en cuanto a la expresión de la severidad de los síntomas. La Región Sur de Costa Rica es definitivamente la que presenta condiciones favorables para ambas enfermedades y en especial para la roya naranja (*P. kuehni*), lo que contribuye al establecimiento de este tipo de evaluaciones en condiciones de inóculo natural.

Es favorable el hecho de que una gran mayoría de los materiales evaluados presentan resistencia a la roya naranja (*P. kuehni*), no obstante hay variedades muy importantes para algunas regiones productoras que han empezado a mostrar cambios en su patrón de comportamiento con respecto al ataque de la enfermedad en un periodo relativamente corto de tiempo (5 años). Esta situación sugiere que se está

dando una dinámica de cambio en la población del hongo que le está permitiendo aclimatarse mejor a las condiciones locales de Costa Rica para generar daños en variedades que no manifestaban problemas con la enfermedad, aparentando tener mejor adaptabilidad y potencial para generar daño la roya naranja (*P. kuehni*) que la roya café (*P. melanocephala*).

Los resultados observados en estas pruebas constituyen una herramienta importante para comprender el comportamiento que tienen las diferentes variedades en la interacción con ambas royas. Brindan una guía del riesgo potencial que eventualmente puedan tener las variedades con respecto a la roya naranja (*P. kuehni*), pero hay que tomar en cuenta que el factor ambiental juega un papel muy importante, por lo que es necesario tener prudencia con la interpretación de estos resultados para no descartar innecesariamente variedades que todavía pueden ser muy útiles. Un ejem-

plo de esto es la CP72-2086 que ha sido reportada como susceptible roya naranja (*P. kuehni*) en Florida y Guatemala, no obstante en Costa Rica ha tenido un comportamiento favorable debido a que el clima en la región de cultivo no ha favorecido el ataque fuerte de la enfermedad aunque haya presencia de la misma.

Del grupo evaluado en esta oportunidad se requiere poner especial atención en la H77-4643 que representa un material especial debido a la especificidad de las condiciones de producción de la zona en la que está establecido como comercial y que ya ha sido descrito anteriormente por Chavarría (2013). Los valores de severidad obtenidos en esta prueba son consistentes con los estimados a nivel de campo en la zona de cultivo y la evolución negativa de la interacción de esta variedad con la roya naranja ha sido muy rápida, por lo que resulta prudente tomar medidas de cautela durante el uso de este material y su expansión a nivel comercial.

Agradecimiento

Un agradecimiento al personal agrícola de Azucarera El Palmar S.A. por su valioso aporte y colaboración en la realización del trabajo de campo para esta investigación, en especial al Ing. Alberto Morales Morales, gerente del departamento agrícola de Azucarera El Palmar S. A.

Literatura citada

CHAVARRÍA, E. 2006. Escalas descriptivas para la evaluación de enfermedades de la caña de azúcar. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica. pp 53.

CHAVARRÍA, E. 2010. Estado actual de las enfermedades de la caña de azúcar en Costa Rica: un repaso de los principales problemas de los últimos 10 años. In: IV Congreso Tecnológico del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). 22 al 24 de septiembre del 2010. Salón de Asambleas de CoopeVictoria, Grecia. Alajuela, Costa Rica.

CHAVARRÍA, E. 2012. Distribución de la roya naranja (*Puccinia kuehni*) en plantaciones de caña de azúcar de la zona alta de la Región Turrialba. In: V Congreso Tecnológico del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). 5 al 7 de septiembre del 2012, Sala de Asambleas de CoopeVictoria, Grecia. Alajuela, Costa Rica.

CHAVARRÍA, E. 2013. Actualidad del Comportamiento de la Roya Naranja (*Puccinia kuehni*) en Costa Rica. In: XIX Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA). XX Congreso de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). Del 11 al 13 de septiembre del 2013. Centro Internacional de Convenciones. Hotel Wyndham Herradura, La Asunción de Belén. Heredia, Costa Rica.

CHAVARRÍA, E.; BARRANTES, J. C. 2009. Situación de la roya naranja (*Puccinia kuehni*) en Costa Rica. 2007 – 2009. In: Memorias XVII Congreso Nacional Azucarero de ATACORI (CD-ROM). 2 – 3 septiembre del 2009. Colegio de Ingenieros Agrónomos. Moravia, San José. Costa Rica.

CHAVARRÍA, E.; BARRANTES, J. C. 2011. Informe: Situación de la variedad B89-1351 respecto a la roya naranja (*Puccinia kuehni*) en la Región Sur. Informe del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). San José, Costa Rica. Noviembre del 2011. 12 p. Consultado 15 de julio del 2015. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca2/servlet/DownloadServlet?c=443&s=2524&d=6541>.

CHAVES, M. A.; BERMÚDEZ, A. Z. 2012. Dinámica de cultivo comercial de las variedades de caña de azúcar en Costa Rica: análisis histórico. In: Memorias Tomo I Campo VIII Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe (ATALAC); IX Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA). Centro de Eventos Valle del Pacífico, Santiago de Cali, Colombia. ATALAC/TECNICAÑA. 12 al 14 de septiembre del 2012. p: 151-169.

ESQUIVEL, E. A. 1980. La roya de la caña de azúcar (*Puccinia spp.*): Aspectos básicos y revisión de la situación actual. Boletín GEPLACEA No 14.

KUIJPER, J. 1915. Desarrollo de la lámina foliar, la vaina y el tallo de la caña de azúcar. Arch Suikerind Ned Indië. 23: 528-556.

Anexos

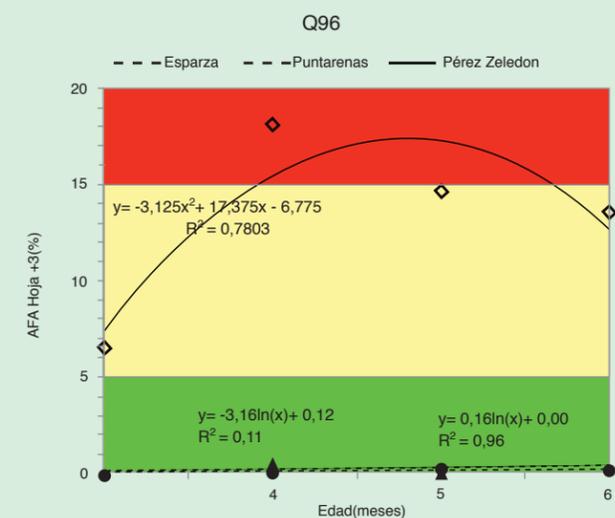


Figura A 1

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad Q96 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

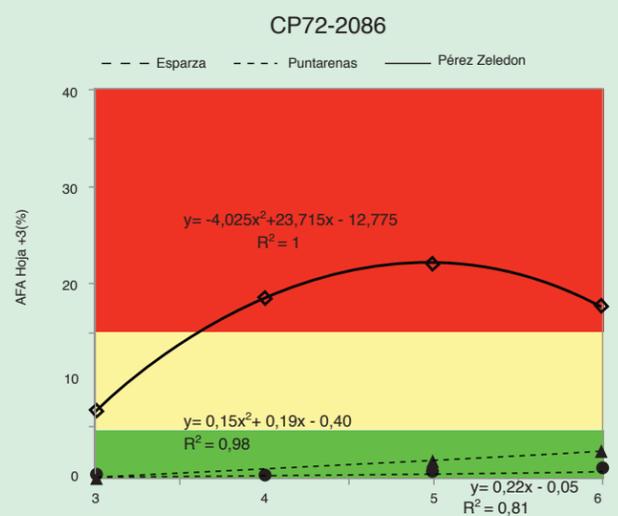


Figura A 2

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad CP72-2086 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

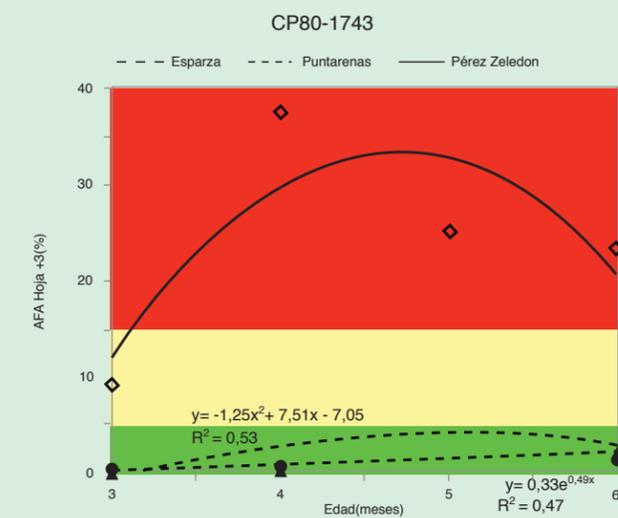


Figura A 3

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad CP80-1743 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

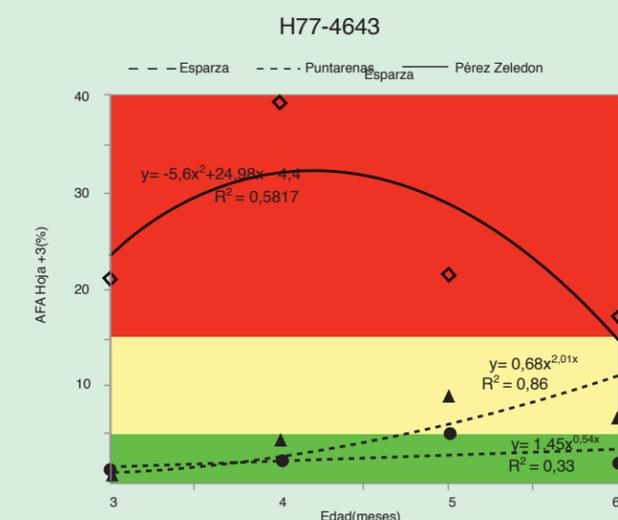


Figura A 4

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad H77-4643 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

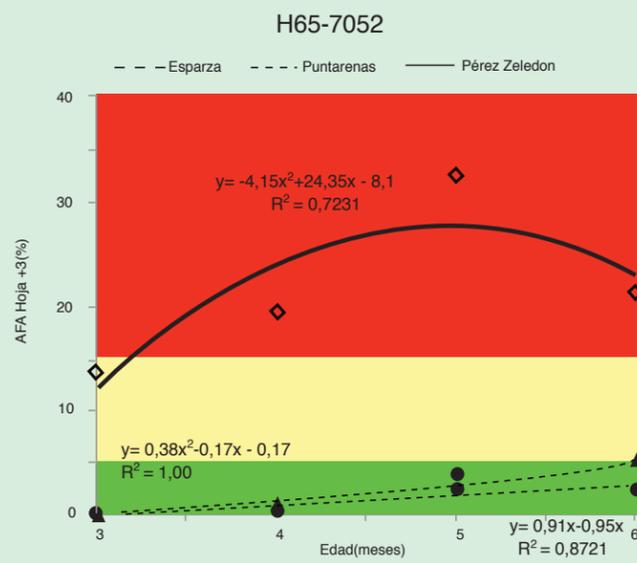


Figura A 5
 Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad H65-7052 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

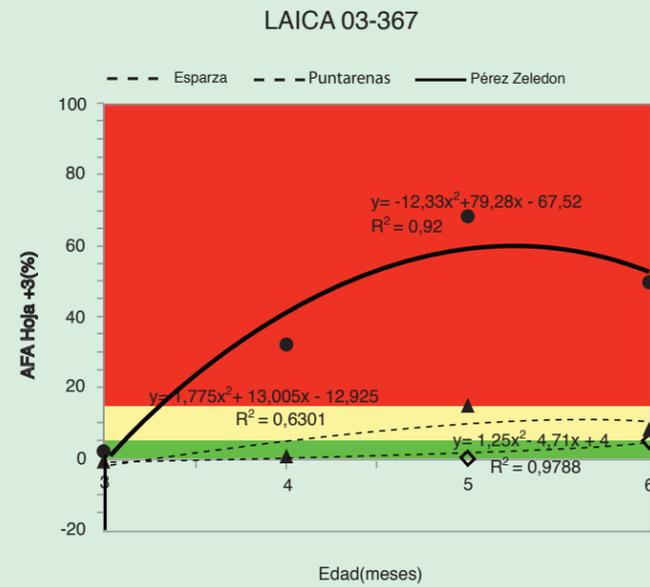


Figura A 7
 Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad LAICA 03-367 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

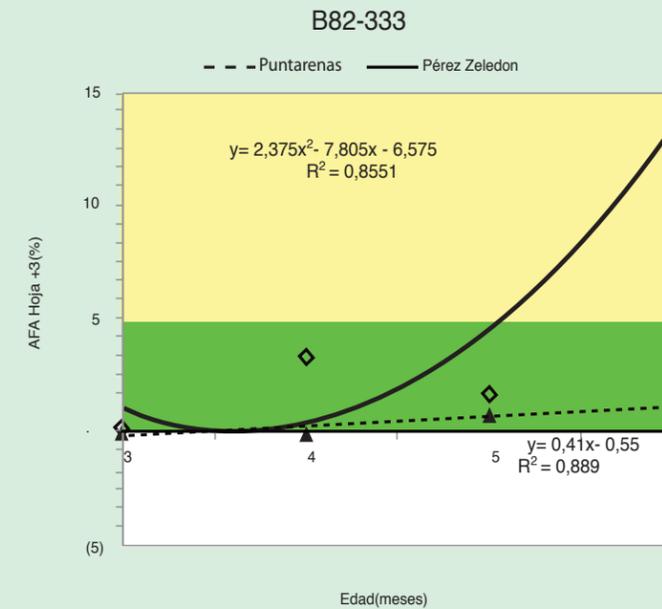


Figura A 9
 Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad B82-333 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

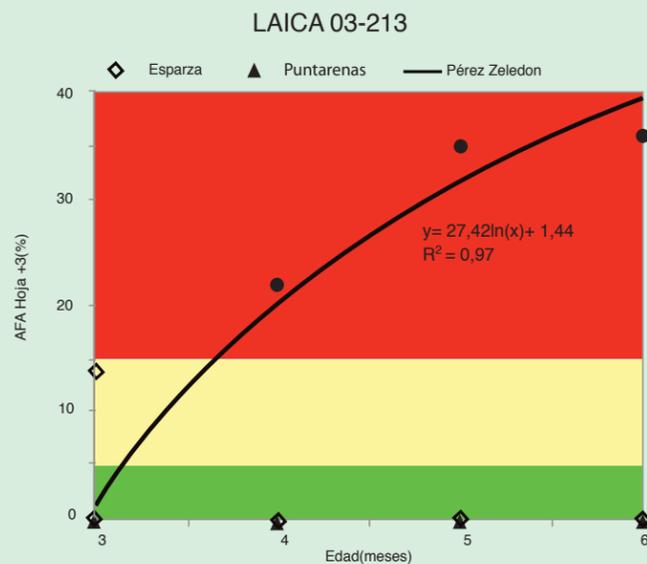


Figura A 6
 Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad LAICA 01-213 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

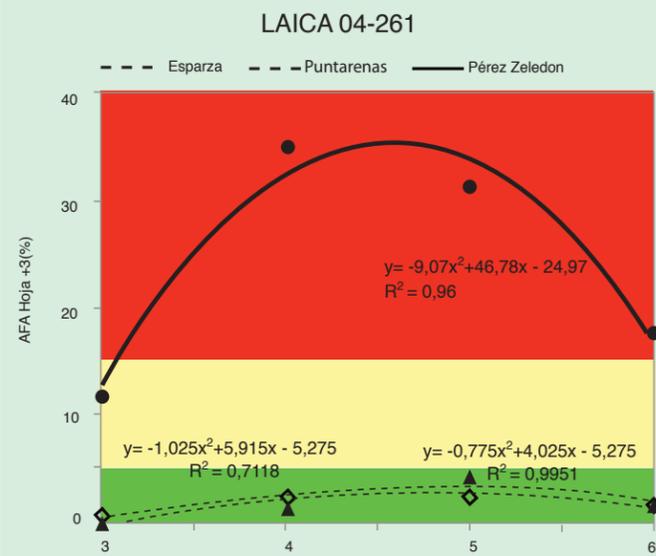


Figura A 8
 Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad LAICA 04-261 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.