CENTRO DE
INVESTIGACIÓN DE
LA CAÑA DE AZÚCAR
DEL ECUADOR

CINCAE

Una división de la
Fundación para la Investigación Azucarera
del Ecuador FIADE

INFORME ANUAL
2017

INFORME ANUAL 2017

CINCAE
(Centro de Investigación de la
Caña de Azúcar del Ecuador). 2018.
Informe Anual 2017.
El Triunfo, Ecuador. 60 p.

Publicación CINCAE ©
ISSN 13903365

CINCAE está certificado
por el Sistema de Gestión
de la Calidad ISO 9001:2015
Certificado # EC228360

Contenido

I Mensaje del **Director Ejecutivo de FIADE**
Message from the Executive Director of FIADE

III Resumen por el **Director General de CINCAE**
Summary by the Director General of CINCAE

1 Programa de **Variedades**

8 Manejo de **Enfermedades**

18 Manejo de **Plagas**

28 Manejo de **Suelos y Fertilizantes**

40 Laboratorio **Químico**

48 Producción de **caña y azúcar**

55 Capacitación y Transferencia de **Tecnología**

60 Publicaciones de **CINCAE**

Fundación para la Investigación Azucarera del Ecuador (FIADE)

JUNTA DIRECTIVA

Presidente

Sr. Russell S. Crawford
Ingenio San Carlos

Directores

Ing. Mariano González P.
Presidente, Sociedad Agrícola San Carlos

Ab. Francisco X. Alemán
Gerente General - Ingenio COAZÚCAR

Ec. Roberto Dunn S.
Director Ejecutivo, Consorcio NOBIS

Director Ejecutivo

Ab. Francisco X. Alemán
Gerente General - Ingenio COAZÚCAR

CENTRO DE
INVESTIGACIÓN DE
LA CAÑA DE AZÚCAR
DEL ECUADOR

CINCAE

Una división de la
Fundación para la Investigación Azucarera
del Ecuador FIADE

Director General
Raúl O. Castillo, Ph. D.

Programa de Variedades
Edison Silva, Ph. D.
Alexandra Gómez, M. Sc.
Cervando Madrid, Ing. Agr.
Tito León, Ing. Agr.
Fabricio Martínez, Ing. Agr.

Manejo de Enfermedades
Carolina Avellaneda, Ph. D.
Mayra Valdez, M. Sc.
Fabián Fiallos, Ing. Agr.
Ignacio Viteri, Ing. Agr.

Manejo de Plagas
Jorge Mendoza, M.Sc.
Patricia Gómez, Ing. Agr.
Darío Gualle, Ing. Agr.

Manejo de Suelos y Fertilizantes
Raúl O. Castillo, Ph. D.
Mónica Salazar, M. Sc.*
Miguel Ángel Suarez, Ing. Agr.

Laboratorio Químico
Bolívar Aucatoma, Dr. Quím.
Tanya Guillén, Ing. Quím.
Gladys Solís, Tcnlga.
Karina Fajardo, Tcnlga.

Jefe Administrativo
Carlos Sánchez L.

Administrador Estación Experimental
Giovanny Quiridumbay, Ing. Agr.

Contabilidad
Verónica López, Econ.
Emely Cotto, Econ.

Servicio de Información y Documentación
Esthela Vásquez, Lcda.

Informática y Sistemas
Giovanni Gabino, Ing. Sistemas

* Realizando estudios de postgrado en Australia.

Ab. Francisco X. Alemán
DIRECTOR EJECUTIVO DE FIADE

Mensaje del Director Ejecutivo de **FIADE**

La cadena productiva de la caña de azúcar representa uno de los pilares fundamentales del desarrollo agrícola del país, representando alrededor del 3.9% del PIB agrícola, y generando más de 30,000 puestos de trabajo directos; y unos 80,000 indirectos. La dinámica del sector y los desafíos que tiene que afrontar en un escenario cada vez más competitivo ubican a esta agroindustria como una de las más innovadoras y emprendedoras con nuevos proyectos que han hecho de la caña de azúcar un cultivo que, a más de servir como materia prima para la producción de azúcar y alcohol, esté siendo utilizada en la generación de energía eléctrica y en la producción de biofertilizantes a partir de los subproductos de origen industrial, lo que ubica a este sector como una de las actividades agroindustriales con alto sentido de responsabilidad social y ambiental.

Este año se cumplieron 20 años de la acertada decisión de la Fundación para la Investigación Azucarera del Ecuador – FIADE, creando el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador - CINCAE, un hito histórico en el desarrollo de la investigación agrícola privada del país. Por tanto, es oportuno hacer un reconocimiento a aquellas personas que tuvieron la iniciativa de confiar en la investigación, como uno de los pilares fundamentales del desarrollo de este sector; y, al equipo de trabajo integrado por directivos, investigadores, administrativos y obreros que han sabido responder con eficiencia a los retos que ha demandado la industria azucarera en este periodo.

Debido a las circunstancias en que el cultivo de la caña de azúcar se desarrollaba en esta región del país, el objetivo principal del CINCAE ha sido el desarrollo de nuevas variedades de caña de azúcar, procurando complementar a las variedades comerciales como la Ragnar, que en los años 80 y 90, había llegado a ocupar alrededor del 90% de la superficie cultivada de caña de azúcar en los ingenios San Carlos, Valdez y La Troncal, y sus cañicultores. Además, los problemas fitosanitarios y la baja productividad del cultivo hacían necesario enfocarse en el desarrollo de tecnologías para el manejo de plagas y enfermedades y la nutrición del cultivo. Luego de estos 20 años, CINCAE ha cumplido con su misión, habiendo entregado ocho variedades mejoradas y seleccionadas en Ecuador, que ocupan actualmente alrededor del 44% de la superficie cultivada en los tres ingenios; un conjunto de tecnologías sobre manejo de plagas, enfermedades y fertilización que están siendo utilizadas por los ingenios y cañicultores; servicios de análisis del laboratorio químico; entrega de plántulas de semilla sana; y, programas de capacitación para técnicos, cañicultores y estudiantes.

Luego de este periodo surgen nuevos escenarios en la actividad agrícola, industrial y comercial de la caña de azúcar, que hacen más importante la labor de investigación que debe realizar CINCAE. En el manejo agronómico, se requiere estudiar los principales factores de la producción que complementen las características genéticas de las nuevas variedades; enfrentando los desafíos del cambio climático y los peligros que representan el aparecimiento de nuevas plagas y enfermedades. La investigación es dinámica, y hoy se presentan

nuevos retos de características varietales, su paquete tecnológico y las nuevas alternativas de los múltiples usos de esta planta energética. En todos estos retos debe involucrarse el CINCAE y continuar entregando los resultados que la industria requiere.

Message from the Executive Director of **FIADE**

The sugarcane production chain represents one of the major stakes of the agricultural development of Ecuador, representing about 3.9 percent of agricultural GDP, and generating more than 30,000 direct jobs opportunities; and at least 80,000 indirect jobs. The dynamics of the sector and the challenges faced in an increasingly competitive scenario of this industry, has led to be one of the most innovative and entrepreneurial industries of the country, with new projects that have made of sugarcane a crop for sugar, ethanol as well as co-generation projects for electricity and in the production of bio-fertilizers, from industrial by-products. All these processes and uses places this sector as one of the agro-industrial activities with high opportunities of social and environmental responsibility.

This year marked 20 years of the suitable decision of the Sugarcane Research Foundation of Ecuador - FIADE, creating the Sugarcane Research Center of Ecuador (CINCAE), a milestone in the development of a unique private-industry agricultural research center. Therefore, it is appropriate to make a recognition to those people who had the initiative to rely on research as one of the fundamental supports of the development of this sector; and, the work team composed of executives, researchers, administrators and workers who have been able to respond effectively to the challenges of the sugar industry during this period.

Due to the unique environmental conditions in which cultivation of sugarcane is practiced in the lowland region of the country, the main objective of CINCAE has been the development of new varieties of sugarcane, to complement the commercial varieties such as Ragnar, which during the 80 and 90's, occupied around 90% of the sugarcane cultivated area at San Carlos, Valdez and COAZÚCAR Mills, and its cane growers. In addition, disease and insect pest issues, accompanied by a low productivity of the crop created the necessity to focus on the development of technologies for the management of pests, diseases and crop nutrition. After 20 years of research activities, CINCAE has fulfilled its mission, delivering eight selected and improved varieties in Ecuador, which currently occupy about 44% of the crop production area of the three sugar mills. In addition, several technologies on pests, diseases and fertilization management are being used at sugar mills and cane growers. CINCAE provides services of soil analysis with a well-equipped chemical laboratory; also, delivering diseases free plants to establish seed nurseries and training programs for technicians, cane growers and students.

New scenarios arise in the agricultural, industrial and commercial activity of sugarcane as a continuation of this research period, suggesting new and important research to be carried out at CINCAE. For instance, in the agronomic management studies of the main production factors to complement the genetic characteristics of new varieties is required and the challenges of climate change which affect water availability and the risk of new pests and diseases appearance. The research is dynamic, and new challenges arise about varietal characteristics and the development of technological tools for crop management of this multiple uses energetic plant. Therefore, CINCAE will be engaged in all of these challenges and continue delivering the results that the industry requires.

Raúl O. Castillo, I. A., Ph. D.
Director General de CINCAE

Resumen por el Director General de **CINCAE**

CINCAE cumplió los primeros 20 años de creación, acompañado de importantes logros, que han aportado al mejoramiento de la producción de caña de azúcar en Ecuador. El objetivo principal desde su creación ha sido el desarrollo de variedades locales y tecnologías en el manejo de plagas y enfermedades, así como estudiar la respuesta a la fertilización de clones promisorios o futuras variedades. En la década de los 80 y 90, la variedad Ragnar, de origen australiano, estuvo sembraba alrededor de 90% del área cultivada, con el consiguiente riesgo para la agroindustria azucarera. Luego, en 1995, hubo una explosión poblacional del saltahojas, *Perkinsiella saccharicida*, que puso en alerta al sector azucarero. Estos y otros factores, hicieron que en 1997, la Fundación para la Investigación Azucarera del Ecuador (FIADE), organización sin fines de lucro, auspiciada por los tres ingenios más grandes del país: COAZUCAR (La Troncal), San Carlos y Valdez, tome la decisión de crear el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE). Para alcanzar su objetivo, se conformaron cinco áreas de investigación: Programa de Variedades (Fitomejoramiento), Manejo de Plagas, Manejo de Enfermedades, Manejo de Suelos y Fertilizantes y Laboratorio Químico. El funcionamiento técnico y administrativo de CINCAE está enmarcado dentro de procesos planificados bajo el sistema de gestión de calidad, que cumplen los estándares de la Norma ISO 9001:2015. Los proyectos de investigación han sido priorizados, atendiendo las necesidades de los ingenios y cañicultores y en respuesta a los problemas agronómicos que tiene el cultivo de caña de azúcar en la región costanera. En este proceso de investigación existe la participación directa de los técnicos de los ingenios, quienes a su vez reciben la capacitación sobre el uso de las nuevas variedades y tecnologías. Un resumen más completo de los 20 años de actividades se detalla en la Carta Informativa CINCAE No 19 del 2017.

En el campo del mejoramiento genético de la caña de azúcar se destaca la liberación de ocho variedades: ECU-01 en el 2007, EC-02 en el 2009, EC-03 y EC-04 en el 2011, EC-05 y EC-06 en el 2013, EC-07 y EC-08 en el 2016, que están en proceso de adopción y en este año ocupan el 44.9% del área propia de los tres ingenios auspiciantes. Con el objetivo de seleccionar variedades adaptadas al corte mecanizado, a partir del presente año el 90% de ensayos de los estados III y IV fueron cosechados mecánicamente con un sistema de pesaje automático en carretón. En los estados iniciales de selección: I 2016, I 2015, II 2014 y II 2013 se identificaron clones de alto rendimiento azucarero; y, en los estados III 2010-11, IV 2007 y IV 2008-09, clones con altas producciones de caña y azúcar, superiores a las variedades comerciales. En ensayos semicomerciales los clones ECSP04-314 y ECSP04-323, produjeron hasta 14 toneladas de azúcar/ha (TAH). Se continuó evaluando la colección de germoplasma donde se identificaron variedades con altos contenidos de sacarosa para utilizarlas en cruzamientos. Algunas de estas variedades se evaluaron mediante técnicas moleculares para identificar la expresión de genes (Invertasa de la pared celular-IPC; ácido soluble-SAI; sacarosa fosfato sintasa-SPS y sacarosa sintasa-SS), asociados con la acumulación de sacarosa.

Otro aporte importante de CINCAE ha sido el trabajo realizado por el área de Fitopatología para el manejo

de enfermedades de la caña de azúcar, estableciendo un sistema óptimo de cuarentena cerrada y de post-entrada (abierta), un programa permanente de semilleros sanos y el apoyo al programa de variedades para el desarrollo de cultivares resistentes a las principales enfermedades de la caña de azúcar. En este año, luego de cumplir con el proceso cuarentenario, se incorporaron 36 variedades a la colección de germoplasma de CINCAE. Mediante el programa de semilleros sanos, se ha reducido la incidencia del raquitismo de la soca (RSD) (*Leifsonia xily* subsp. *xily*) y escaldadura de la hoja (LSD) (*Xanthomonas albilineans*) a muy por debajo del uno por ciento. En las evaluaciones de enfermedades en los estados de selección de variedades, se observó que en primera soca del estado I 2015 (245 familias), 55 clones estuvieron infectados con roya café (*Puccinia melanocephala*), y 26 con roya naranja (*Puccinia kuehnii*), de un total de 19,812 clones. En los otros estados de selección también se encontraron pocos clones infectados con roya café y roya naranja. Para el programa de semilleros sanos, se multiplicaron 12,075 plantas meristemáticas y se estableció 1.2 ha de semillero fundación, de donde se obtuvo 113,718 plantas multiplicadas por yemas para entrega a ingenios y cañicultores. También se diagnosticaron 3,482 ha de semilleros y canteros comerciales. Las evaluaciones microbiológicas evidencian la capacidad de la bacteria fijadora de nitrógeno *Gluconacetobacter* para migrar a la planta a través del sistema radicular.

A través de las investigaciones entomológicas en estos años, se ha logrado conocer la fauna entomológica asociada a este cultivo en la zona azucarera de la cuenca baja del río Guayas y generar tecnologías de manejo sostenible para los insectos plagas, y evitar pérdidas de producción. Las plagas que continúan siendo importantes en esta zona de producción son: saltahojas, *Perkinsiella saccharicida*, áfido amarillo, *Sipha flava* y barrenador del tallo, *Diatraea saccharalis*. Este año también se realizaron estudios sobre el ácaro anaranjado, *Abacarus sacchari*, el áfido blanco, *Melanaphis sacchari*, la cochinilla harinosa, *Saccharicoccus sacchari* y la rata cañera, *Sigmodon hispidus* y *Oryzomys* sp. En cuanto al barrenador del tallo se realizó un seguimiento a las larvas capturadas en los tres ingenios, debido a que reportes del Valle del Río Cauca, Colombia, señalan la presencia de cuatro especies de *Diatraea* (*saccharalis, indigenella, busckella y tabernella*); sin embargo, los resultados confirmaron que hasta ahora en esta zona del país sólo se tiene la presencia de *D. saccharalis*. Por su parte, la cosecha en verde ha tenido un efecto detrimental sobre las poblaciones del saltahojas y áfidos (amarillo y blanco); mientras que, las poblaciones del picudo rayado, *Metamasius hemipterus*, tienden a incrementarse durante los primeros meses después del corte. En cuanto al ácaro anaranjado, las mayores poblaciones han estado relacionadas con la época de lluvias, especialmente en los clones ECSP04-316, ECSP04-214 y la variedad EC-08; aunque su efecto en la producción no ha sido significativa. En el caso de la rata cañera, los niveles poblacionales y de daño se mantuvieron por debajo de los umbrales económicos, pudiendo atribuirse a la poca caña rezagada en este ciclo de cultivo.

El área de Suelos y Fertilizantes apoya principalmente en el proceso de selección de variedades nacionales. Los clones de los estados avanzados son evaluados para determinar la respuesta a diferentes dosis de fertilización nitrogenada y potásica, y disponer de información básica antes de la liberación de una nueva variedad. Luego, las variedades liberadas se evalúan en pruebas semicomerciales con distintas dosis de fertilizante nitrogenado y potásico, en los suelos más representativos de los ingenios. Por otro lado, se estudia la incorporación de enmiendas orgánicas con el objetivo de mejorar las propiedades químicas y físicas del suelo. Los estudios sobre la respuesta de los clones promisorios en el 2017, muestra al clon EC03-590, en primera soca con producciones superiores a 250 sacos de azúcar/ha (SAH), con dosis promedio de 143 kg de N/ha y 78 kg de K_2O/ha. Las evaluaciones en pruebas semicomerciales realizadas sobre la respuesta de la variedad EC-02 a diferentes niveles de N en distintos sistemas de siembra, mostró dosis de 120 y 150 kg N/ha como las más adecuadas, con una dosis óptima económica (DOE) de 145 kg de N/ha. Un estudio sobre la incorporación de materia orgánica (MO) en el suelo, con velvet (*Mucuna pruriens*) en cobertura, con la variedad ECU-01, mostró que en parcelas con velvet quemado se incrementó en 4% la MO. Todas las parcelas donde se incorporó la MO mostraron mejor producción de caña en promedio (112 TCH), comparado con las parcelas en barbecho (87.3 TCH). En la variedad CC85-92 una dosis de 41 kg de P_2O_5/ha, en el ingenio San Carlos, produjo 215 SAH, a los 12.7 meses. En los ensayos cooperativos con los ingenios auspiciantes se determinó que la aplicación de 120 kg N + 45 kg K_2O/ha y, 100 kg N + 90 kg de K_2O/ha, en el ingenio San Carlos alcanzaron las

producciones más altas de azúcar (155 SAH); mientras que, en el ingenio COAZÚCAR, con la variedad ECU-01, la dosis de 120 kg N + 45 kg K_2O/ha produjo 141 SAH.

En estos 20 años el Laboratorio Químico ha apoyado en todos los procesos de investigación de las diferentes áreas de CINCAE, así como a los ingenios auspiciantes y cañicultores. Se han realizado estudios sobre el deterioro de la caña durante la cosecha desde la quema, corte y alce, comparando la caña cosechada quemada y en verde. Para el aseguramiento de la calidad de los resultados de análisis en las diferentes matrices y parámetros se han estandarizado y validado los métodos de ensayo. Las normativas nacionales e internacionales se cumplen mediante el uso de equipos e instrumentos renovados de acuerdo al desarrollo tecnológico. También se ha desarrollado y caracterizado alternativas de compostaje de los principales subproductos de la industria azucarera y alcoholera para usarlos como MO y mejorar los suelos. Este año se han analizado 10,543 muestras en matrices de caña, tejido vegetal, suelos, subproductos (cenizas, cachaza, vinaza, etc.), fertilizantes y aguas, totalizando 69,341 determinaciones analíticas. Se desarrollaron tres materiales de referencia internos (MRI) homogéneos y estables en matrices de suelos de los órdenes Inceptisol (MRI1), Entisol (MRI2) y Vertisol (MRI3), provenientes de los ingenios Valdez, San Carlos y COAZÚCAR, en los elementos fósforo, potasio, calcio y magnesio con el extractante Olsen Modificado. Se confirmó la calidad de los resultados del Laboratorio Químico de CINCAE en todos los parámetros, luego de compararlos con los de la Red de Laboratorios de Análisis de Suelos del Ecuador (RELASE). Este año se reactivó el Comité de Laboratorios de Análisis de la Industria Azucarera (CLAIA), conformado por los tres ingenios y CINCAE. El laboratorio analizó muestras por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) de los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa de los ensayos cooperativos donde se evaluaron los madurantes Moddus y Glifosato.

El análisis del clima muestra que el promedio mensual de la temperatura máxima, varió entre 29.7 a 32.4°C de enero a junio y, la temperatura mínima osciló de 22.6 a 24.0°C. Las temperaturas máximas fueron menores en alrededor de 2°C a las registradas en 2016, en este semestre. A partir de julio, hasta diciembre, la temperatura máxima se redujo y fluctuó entre 28.7 a 30.2 °C y las mínimas alcanzaron promedios de 20.9 a 21.8°C. La oscilación térmica varió entre 7.1 y 8.5°C en todo el año. Los promedios de precipitaciones, heliofanía y temperatura media de cuatro estaciones meteorológicas, muestran que en el ingenio San Carlos se registraron promedios menores a 2 horas de brillo solar/día entre enero y marzo, 3 horas entre mayo y junio y 2 horas entre agosto y diciembre. La precipitación promedio de febrero, marzo y abril fueron 600 mm/mes; mientras que, en mayo se redujo a 421 mm y en junio a sólo 12 mm. En el ingenio COAZÚCAR se registró apenas una hora de brillo solar /día durante los meses de junio, julio y agosto; y, en los meses de septiembre a diciembre apenas 40 minutos de brillo solar en promedio/día. Estas condiciones podrían ser un factor para el crecimiento lento de la caña y los bajos tonelajes de caña obtenidos en este año. Las estaciones meteorológicas de la hacienda Banatel y el ingenio Valdez, muestran promedios de 2.79 horas brillo solar/día de enero a mayo y 1.5 horas durante junio a diciembre; promedios menores a los registrados en 2016. La temperatura media en las cuatro estaciones estuvo en apenas 24.3°C en promedio, menor a los 26.7°C observadas en 2016.

La zafra de este año se inició entre junio y julio, debido a la prolongación del periodo de lluvias hasta el mes de mayo. El promedio de producción de caña (TCH) en esta zafra fue de 77.2 TCH, siendo inferior al 2016 que llegó a 100 TCH, favorecido por las 20,000 ha de caña rezagada de 2015. La cosecha mecanizada en los tres ingenios sigue en aumento, alcanzando 57.6% en COAZUCAR, 55.2% en San Carlos y 71.8% en Valdez, en cañicultores. En la caña propia de los ingenios el 94% fue con corte mecanizado. El rendimiento azucarero en kilogramos de azúcar/tonelada caña molida (KATC) fue de 87 KATC, tanto en caña propia como de cañicultores. La producción promedio de sacos de azúcar/ha (SAH) fue 128.8 sacos de 50 kg para cañicultores (9.8 SAH/mes); y, para caña propia de ingenios fue 127.7 SAH (9.9 SAH/mes). Se cosecharon 71,420 ha, con 5,176,652 toneladas de caña molidas, lo que permitió alcanzar una producción de 479,052 TM de azúcar. Según la información de FENAZÚCAR, la producción de los ingenios pequeños de Ecuador fue: Miguel Angel 12,500; IANCEM, 29,212; Monterrey, 28,162 y San Juan, 12,000 TM de azúcar. El total de producción de azúcar en la zafra 2017 llego a 560,926 TM de azúcar.

Siete de las ocho variedades entregadas por CINCAE se encuentran en producción comercial. La variedad

ECU-01, en esta zafra ocupó 10,166 ha en canteros de caña propia de los tres ingenios más grandes y 2,182 ha en campos de cañicultores. La variedad más sembrada en Ecuador es CC85-92, tanto en ingenios como cañicultores, con 32,916 ha.

Durante los veinte años de actividades, CINCAE ha capacitado a más de 9,000 técnicos, cañicultores, estudiantes nacionales y extranjeros. Se ha organizado dos talleres mundiales (Genética de la Caña y, el de Fitopatología y Entomología de la Caña) reconocidos por la Sociedad Internacional de Técnicos Azucareros (ISSCT en inglés). Al mismo tiempo, se ha puesto mucho interés en la capacitación y actualización de conocimientos para el personal técnico del CINCAE, apoyando entrenamiento formal a nivel de maestrías y doctorados, cursos cortos, congresos, seminarios, etc. El personal técnico también ha contribuido a la divulgación del conocimiento a través de artículos científicos en congresos y talleres mundiales, boletines técnicos y en revistas científicas e informativas.

Summary by the Director General of **CINCAE**

CINCAE reached its 20th anniversary, fulfilling significant achievements, which have contributed to the improvement of the production of sugarcane in Ecuador. The main objective since its beginning has been the development of local varieties and technologies in the management of pests and diseases, as well as the response of promising clones or future varieties to fertilization. In the 80s and 90s, Ragnar variety of Australian origin, was planted in about 90% of the cultivated area in Ecuador. This created risks for the sugarcane production. Then, in 1995, there was a population explosion of the insect pest leafhopper, *Perkinsiella saccharicida*, which put on alert to the sugarcane sector. Due to these and other factors, the Sugar Research Foundation of Ecuador (FIADE) decided to establish in 1997 the Sugarcane Research Center of Ecuador (CINCAE), a nonprofit organization sponsored by three of the country's largest sugar refineries: COAZUCAR (La Troncal), San Carlos, and Valdez. In order to accomplish its goals, CINCAE formed five areas of research: Breeding Program, Pest Management, Disease Management, Soil and Fertilizer Management and Chemistry Laboratory. The technical and administrative operation of CINCAE is framed within planned processes under a quality management system that complies with the ISO 9001:2015 standards. Research projects have been prioritized according to the needs of sugar cane farmers and solving agronomic problems in the region's sugarcane farming. During the research process, there is direct participation of technicians of the mills, alongside training on the use of new varieties and technologies. A summary of the 20 years of activities is outlined in the CINCAE Newsletter No. 19, 2017.

The sugarcane Genetic Improvement Program released eight national varieties: ECU-01 in 2007, EC-02 in 2009, EC-03 and EC-04 in 2011, EC-05 and EC-06 in 2013, EC-07 and EC-08 in 2016. These varieties are in the process of adoption by sugar mills and cane growers, with 44.9% occupancy of the harvested area of the three sponsors mills (COAZÚCAR, Valdez y San Carlos) this year. In order to select varieties adapted to machine harvesting systems, a mechanical harvest and an automatic weight system has been set up. This year, 90% of the selection stages III and IV trials were mechanically harvested. Clones with high sugar contents were identified in the initial stages of selection: I 2016, 2015 I, II 2014 and II 2013; and in stages III 2010-11, IV 2007 IV 2008-09 clones with high yields of cane and sugar were identified, compared to the commercial varieties. Clones ECSP04-314 and ECSP04-323 in semi-commercial trials produced 14 TAH on average. The germplasm collection was evaluated to identify those with high contents of sucrose to be used in crosses. Some of these varieties were evaluated using molecular techniques qPCR to identify the expression of the gene cell wall invertase-IPC, soluble acid invertase-SAI, sucrose phosphate synthase-SPS, and sucrose synthase-SS, associated with the accumulation of sucrose.

Another important contribution of CINCAE has been the work done by the Plant Pathology research area on the management of sugarcane diseases, establishing a closed and open (post-entry) quarantine system, an ongoing program of healthy cane seed and the support to the Breeding Program in the development of resistant varieties to the main sugarcane diseases. This year, after quarantine process, 36 varieties were incorporated into the germplasm collection of CINCAE. Through the diseases free seed program, ratoon stunting disease

(RSD) (*Leifsonia xily* subsp. *xily*) and leaf scald disease (LSD) (*Xanthomonas albilineans*) incidence was reduced to less than one percent. The evaluation of diseases in the variety selection stages showed in first ratoon of the stage I 2015 (245 families with 19,812 clones) only 55 clones infected with brown rust (*Puccinia melanocephala*) and 26 with orange rust (*Puccinia kuehnii*). In other selection stages, few clones were also found infected with brown rust and orange rust. To support the diseases free cane seed program, a total of 12,075 tissue culture plants were multiplied and planted in 1.2 has to establish the foundation seed nurseries. From here, 113,718 plants from individual buds were obtained for delivery to sugar mills and farmers. A total of 3,482 ha of basic and commercial seed nurseries from sugar mills were diagnosed to define levels of disease incidence and decide its use. Microbiological evaluations demonstrated the ability of the nitrogen fixing bacteria (*Gluconacetobacter*) to migrate to the plant stems through the root system.

The Entomological research during these years has allowed to identify the major insect pests associated with the sugarcane crop growing at the lower basin of the Guayas River zone and generate technologies of sustainable management to avoid production losses. The pests which continue to be of importance in this production area are: leafhoppers, *Perkinsiella saccharicida*, yellow aphid, *Sipha flava* and stem borer, *Diatraea saccharalis*. Also, this year studies on the sugarcane rust mite, *Abacarus sacchari*, white aphid, *Melanaphis sacchari*, sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* and cane mice, *Sigmodon hispidus* and *Oryzomys* sp. were conducted. A stem borer larvae collection was carried out in the three sugar mill fields to identify species, due to reports from the Cauca River Valley, Colombia showing four species of *Diatraea* (*saccharalis*, *indigenella*, *busckella* and *tabernella*). The results of this survey confirmed the presence of only *D. saccharalis* in the sugarcane area of Ecuador. Studies on green harvest showed a detrimental effect on the populations of the leafhopper and aphids (yellow and white); while the populations of the silky cane weevil, *Metamasius hemipterus*, tend to increase during the first months after that the cane is harvested. The largest populations of the sugarcane rust mites have been associated with rainy seasons, especially in the clones ECSP04-316, ECSP04-214 and variety EC-08; although no effect on the production has been detected. Regarding cane mice, evaluations showed that population and damage levels were kept below economic thresholds, which can be due to the lagged cane low area in this crop cycle.

The Soils and Fertilizers research area has mainly supported the selection process of local varieties. Clones from advanced selection states are evaluated to determine the response to different doses of nitrogen and potassium fertilization, producing basic information before the release of a new variety. Also, the released varieties are evaluated in semi-commercial tests with different doses of nitrogen and potassium fertilizer in those more representative soils of the sugar mills. Studies on soil improvement by incorporation of organic matter are also carried out with the aim to improve chemical and physical properties of the soil. This year, the studies on fertilizers response of promising clones showed EC03-590, in first ratoon, with the best sugar yield of 12.5 tons of sugar/has (TSH), with doses of 143 kg of N/ha and 78 kg of K_2O/ha. Assessments in semi-commercial trials of EC-02 on the response to different levels of N under different planting systems showed doses between 120-150 kg N/ha as the most appropriate, with an optimal economical dosage (OED) of 145 kg N/ha. A study on organic matter (OM) incorporation in the soil, with velvet (*Mucuna pruriens*), planted with variety ECU-01, showed that plots with burned velvet increased by 4% OM. All plots where OM was added showed better sugarcane production on average (112 TCH), compared to fallow plots (87.3 TCH). In another research project, variety CC85-92 with a dose of 41 kg P_2O_5/ha produced 10.8 TSH at the San Carlos sugar mill. Other trials carried out with the sponsoring sugar mills showed yields of sugar of 7.8 TSH at San Carlos mill with application of 120 kg N + 45 kg K_2O/ha and 100 kg N + 90 kg K_2O/ha; while, in COAZUCAR sugar mill, variety of ECU-01 produced 7.0 TSH with an application of 120 kg N + 45 kg K_2O/ha.

The Chemistry Laboratory has contributed with analytical services in all processes of the different research areas of CINCAE, as well as the sponsoring sugar mills and farmers. Studies comparing burned cane and green cane harvesting in terms of cane deterioration during harvest have been carried out, beginning with the burning process, followed by cutting, loading, and transporting. To ensure the quality of the analysis of the different arrays and parameters, test methods have been standardized and validated. This was accomplished by complying with national and international standards and the use of modern equipment and instruments, updating them as new

technology developed. Also, the major by-products of the sugar and alcohol industry have been classified as compost alternatives to be used as organic matter to improve soil nutrition. This year, 10,543 samples of sugarcane juice, foliar tissues, soils, by-products (ash, cachaça, vinasse, etc.), fertilizer, and water have been analyzed, totaling 69,341 analytical determinations. Three internal reference materials (MRI) were developed in the chemical elements phosphorus, potassium, calcium and magnesium with the modified Olsen extractant, in stable and homogeneous matrix of soils of order Inceptisol (MRI1), Entisol (MRI2) and Vertisol (MRI3). These samples were taken from Valdez, San Carlos and COAZUCAR sugar mills. The results of the chemical laboratory of CINCAE were verified in all parameters after comparing them with the Ecuadorian Laboratories of Soils Analysis Network (RELASE). This year, the Sugar Industry Laboratories Committee (CLAIA) was re-established by the three sponsoring sugar mills and CINCAE. Samples from the cooperative trials with the ripeners Moddus and Glyphosate were analyzed by high efficiency liquid chromatography (HPLC) to register the sugars sucrose, glucose and fructose.

Climatic conditions show that from January to June, the monthly average maximum temperature varied between 29.7 to 32.4°C, which is 2°C lower than those registered in 2016; and the minimum temperature ranged from 22.6 to 24.0 °C. From July until December, the maximum temperature dropped and fluctuated between 28.7 to 30.2°C and the minimum averaged between 20.9 to 21.8°C. Thermal oscillation ranged from 7.1 to 8.5°C throughout the year. Averages precipitation (mm), heliophany (sunlight), and average temperature of four meteorological stations showed the following data: In the San Carlos sugar mill station the average rainfall in February, March and April were 600 mm/month, while in May, it dropped to 421 mm, and in June to December, it was only 12 mm; averages of sunlight/brightness was less than 2 hours/day between January and March, 3 hours between May and June, and 2 hours between August and December. In COAZUCAR sugar mill, just one hour of sunshine/day during June to August was registered; and in September to December, only 40 minutes of sunshine were registered on average per day. These conditions could be the main factor for the slow growth of the sugar cane plant and the low tonnages achieved this year. The weather stations of hacienda Banatel and Valdez sugar mill show an average of 2.79 hours solar brightness/day from January to May and 1.5 hours during June to December, also less than those registered in 2016. The average temperature in the four weather stations was just 24.3°C, less than the 26.7°C registered in 2016.

Cane harvesting began a bit late between June and July due to the extended rainy period of May. The average of tones cane (TCH) this year was 77.2 TCH, lower than the 2016 with 100 TCH, favored by the 20,000 ha of cane lagged from 2015. Mechanical harvesting in the three mills continues to grow, with 57.6% in COAZUCAR, 55.2% in San Carlos, and 71.8% in Valdez through cane growers and 94% in the mills' own land. The average yield in kilograms of sugar per ton (KATC) milled was 87 KATC, both in sugar fields and cane growers. The average sugar production of cane growers was 6.5 TSH, 0.5 TSH/month and 6.4 TSH, 0.49 TSH/month for the mills. Total harvested area was 71,419.9 ha, with 5,176,652 tons of sugarcane crushed and a sugar production of 479,052 tons. According to information provided by FENAZUCAR, the production of small mills of Ecuador was: Miguel Angel 12,500 IANCEM 29,212, Monterrey 28,162, and San Juan 12,000 tons of sugar. Ecuador's total sugar production in the 2017 harvest summed 560,926 metric tons of sugar.

Seven of the eight varieties released by CINCAE are in commercial production. In the last harvesting season, variety ECU-01 was harvested in 10,166 ha of land at the sugar mills and 2,182 ha in fields of cane growers. The most planted variety in Ecuador is CC85-92, both at sugar mills and cane growers with 32,916 ha.

During this 20 years of research, CINCAE has trained more than 9,000 technicians, cane growers, and students from local and foreign universities. Two world workshops were organized in Guayaquil: IX Genetics and Breeding of Sugarcane in 2007 and XI Plant Pathology and IX Entomology of Sugarcane in 2015, recognized by the International Society of Sugarcane Technologists - ISSCT. At the same time, training and educational support for the staff is constant. Formal Ph. D. and M. Sc. degrees are supported, as well as participation in technical congresses, seminars, conferences, short courses, etc. Researchers have also published several scientific papers in conferences and global workshops, scientific journals, and technical bulletins.

PROGRAMA DE **VARIEDADES**

Edison Silva C.
Alexandra Gómez P.
Fabricio Martínez C.
Cervando Madrid L.
Tito León V.

RESUMEN

En los 20 años de investigación del Programa de Variedades se han liberado ocho variedades nacionales: ECU-01 en el 2007, EC-02 en el 2009, EC-03 y EC-04 en el 2011, EC-05 y EC-06 en el 2013, EC-07 y EC-08 en el 2016. Estas variedades están sembradas en el 44.9% del área propia de los ingenios Valdez, COAZÚCAR y San Carlos; las dos primeras han aportado al incremento de la producción de azúcar en los últimos años. Al mismo tiempo, los cambios tecnológicos y ambientales hacen necesario ajustar el proceso de mejoramiento y continuar liberando nuevas variedades. Así, a partir del presente año, el 90% de ensayos de los estados III y IV fueron cosechados mediante el sistema de corte mecanizado y evaluados mediante el sistema de pesaje automatizado en carretón, lo que permitirá que en los próximos años se liberen variedades adaptadas al sistema de cosecha mecanizada.
Entre los resultados relevantes obtenidos en el presente año en el proyecto de obtención de variedades nacionales, está el incremento en la inducción a floración en campo abierto con promedios de 81.0%. Estas flores permitieron realizar 398 cruzamientos, valor superior al promedio de los últimos cinco años (301). En los estados iniciales de selección: I 2016, I 2015, II 2014 y II 2013 se seleccionaron clones con altos contenidos azucareros; y, en los estados avanzados: III 2010-11, IV 2007 y IV 2008-09, se seleccionaron clones con altas producciones de azúcar, que superaron a las variedades comerciales. En la etapa final (ensayos semicomerciales) se evaluaron cinco clones de la serie 2004. Los clones ECSP04-314 y ECSP04-323 presentaron altas producciones de azúcar en caña planta (14 TAH). En el proyecto evaluación de variedades introducidas, se identificaron variedades con altos contenidos de azúcar en la colección de germoplasma, las cuales se incluirán en los procesos de inducción a floración y cruzamientos en los próximos años. Asimismo, se continúa evaluando las variedades introducidas que pasaron el proceso cuarentenario, con el objetivo de incorporarlas como progenitores en cruzamientos, conocer su comportamiento agronómico y definir su liberación para producción comercial.

A partir del presente año, **90%** de ensayos de los estados III y IV fueron cosechados mecanizadamente y evaluados mediante el sistema de pesaje automatizado en carretón; en los próximos años se liberarán variedades adaptadas al sistema de cosecha mecanizada.

DESARROLLO DE VARIEDADES NACIONALES

En el proceso de inducción a floración y cruzamientos se evaluaron en casa de fotoperiodo 96 variedades/clones seleccionadas de la colección de germoplasma, 15 de ellas también fueron sembradas en macetas y sin tratamiento de luz artificial (testigo). El 11 de marzo se inició el tratamiento de supresión de la inducción para días largos en la casa de fotoperiodo y campo abierto, aplicando 14h30' de luz durante 60 días. En la casa de fotoperiodo el tratamiento de inducción se inició el 10 de mayo con una longitud del día de 12h55' y una reducción diaria de 45 segundos. En campo abierto se inició con fotoperiodo de 13h00 y la reducción de un minuto por día con 116 variedades. Se obtuvo inducción en 78.1% de las variedades y flores en 65.1% (promedio de dos cámaras de la casa de fotoperiodo). La floración fue similar a la obtenida en los años 2016 (58.6%) y 2015 (62.1%). En campo abierto, de las 116 variedades evaluadas, el 86.2% exhibieron inducción y el 81.0% florecieron, siendo mayor al observado en 2016 (70.0%) y 2015 (36.6%). En el testigo (sin tratamiento de luz artificial), se observó inducción y floración en 6.6% de las variedades. Con las flores obtenidas

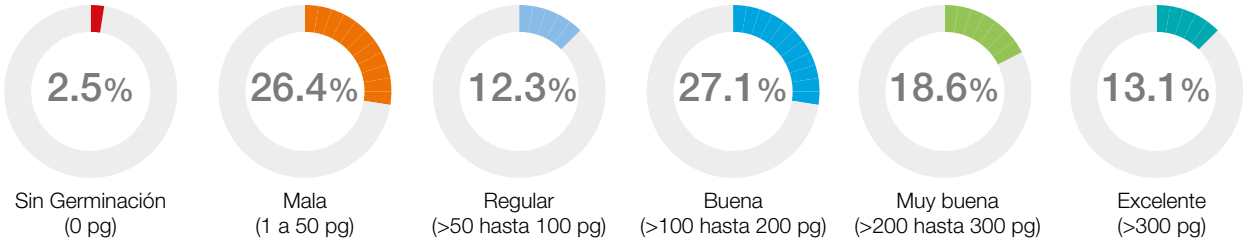


Figura 1. Clasificación de 398 cruzamientos según el número de plántulas germinadas (pg) en 0.5 g de semilla. CINCAE, 2017.

se realizaron 398 cruzamientos (372 biparentales, 22 policruzamientos y cuatro autofecundaciones). En las pruebas de germinación, usando 0.5 g de semilla de los 398 cruzamientos, se observó que en el 58.7% de cruzamientos germinaron más de 100 plántulas, 12.3% entre 51 a 100 plántulas, 26.4% entre 1 a 50 plántulas germinadas y 2.5% no germinaron (Figura 1). El peso promedio de semilla por cruzamiento en este año fue de 7.7 g.

Estados de selección

El Programa de Variedades de CINCAE ha establecido cuatro estados de selección, que son las fases secuenciales por las que pasan los clones en proceso de selección en distintos ambientes por dos años (caña planta y primera soca), iniciándose con el estado I hasta estado IV, en este último se evalúan en caña planta y dos socas; y, finalmente los mejores clones se prueban en ensayos semicomerciales.

En el **estado I 2016**, formado por 207 cruzamientos de CINCAE y sembrados en dos repeticiones, se evaluó el rendimiento azucarero en kilogramos de azúcar por tonelada de caña (KATC) a los 12 meses de edad, en una muestra de 10 tallos por familia y repetición. Los promedios variaron desde 66.7 a 120.0 KATC (Figura 2). Se identificaron 33 cruzamientos (15.9%) con promedios superiores a 106.7 KATC (promedio más una desviación estándar). Dentro de los cruzamientos con los promedios más altos, sobresalieron tres cuyo progenitor masculino fue la variedad EC-08, caracterizada por su alto contenido de azúcar.

En el **estado I 2015**, evaluado en primera soca, se seleccionaron 983 clones de 248 familias, que conformarán el nuevo estado II de esta serie. En las familias que presentaron altos contenidos de azúcar en caña planta se escogieron un mayor número de clones, en cepas libres de enfermedades, con siete o más tallos, sin volcamiento y escasa o nula floración.

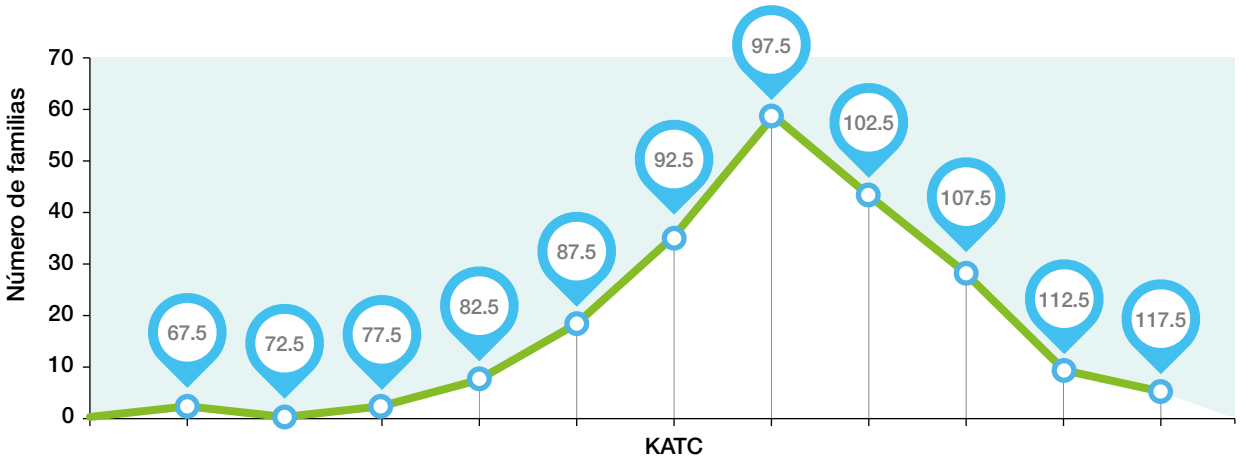


Figura 2. Distribución de 207 cruzamientos del estado I 2016 en base al contenido de azúcar (KATC). CINCAE, 2017.

En caña planta del **estado II 2014** (811 clones), y tres variedades testigo (ECU-01, EC-02 y CC85-92), se evaluó el contenido de azúcar a los 12 meses de edad de 382 clones seleccionados por sus buenas características en cuanto a población de tallos, altura de planta y sin síntomas de enfermedades (royas café y naranja, carbón y mosaico). El promedio de los 382 clones fue 110 KATC con una desviación estándar de 16 KATC; mientras que, 31 clones presentaron contenidos altos de azúcar que variaron entre 134 y 146 KATC, superando a los testigos CC85-92 (125 KATC), EC-02 (122 KATC) y ECU-01 (109 KATC). Con los datos de primera soca se seleccionarán los clones que conformarán el estado III de esta serie.

En el **estado II 2013** (primera soca), constituido por 910 clones, se evaluó la población de tallos e incidencia de roya común y roya naranja. Con la información obtenida de caña planta y luego calidad de caña en primera soca, se seleccionaron 145 clones que se sembraron en un lote de incremento de semilla para establecer el siguiente estado III 2013.

El **estado III 2010-11** compuesto por 84 clones y cuatro variedades testigos (ECU-01, EC-02, EC-06, y CC85-92), fue evaluado en caña planta usando un diseño alfa látice 11 x 8 con dos repeticiones y en dos localidades: COAZÚCAR (módulo Graunit A010-170) y San Carlos (lote 200103). Adicionalmente, en el ingenio Valdez (cantero 04010), se sembraron 87 clones y tres variedades testigos (EC-07, EC-08 y CC85-92), en un diseño alfa látice 10 x 9. En todos los ensayos se utilizó una parcela de tres surcos de 10 m. La cosecha se realizó en forma mecanizada y se evaluó la producción de caña en toneladas de caña por hectárea (TCH), el rendimiento azucarero en kilogramos de azúcar por tonelada de caña (KATC) y se calculó la producción de azúcar en toneladas por hectárea (TAH).

En los análisis combinados de las tres localidades se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos para todas las variables. En producción de azúcar (TAH), 23 clones presentaron promedios iguales estadísticamente al mejor testigo que fue la variedad CC85-92 con 13 TAH. En la Figura 3, se muestran los 10 mejores clones cuyos promedios variaron entre 13 y 18 TAH. Además, mediante los análisis de Efectos Aditivos Principales e Interacciones Multiplicativas (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction) conocido como AMMI y el gráfico del comportamiento del genotipo/ambiente denominado GGE Biplot, se examinó la interacción de los clones con los ambientes y su estabilidad de producción. Los clones sobresalientes alrededor del punto central de las coordenadas presentan adaptación general a los tres ambientes fueron EC11-1708 (61 en el gráfico de AMMI), EC10-1288 (19) y EC10-796 (5). Los clones que mostraron adaptación específica a una de las localidades se ubican hacia la dirección de la localidad. En el ingenio Valdez los clones

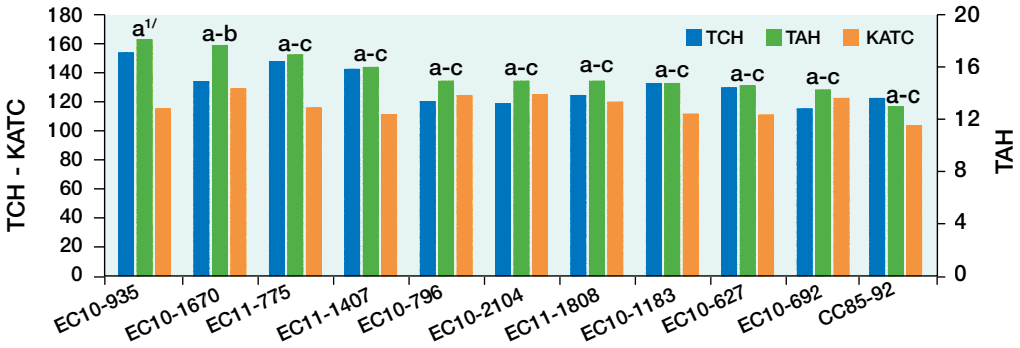


Figura 3. Promedios combinados de tres localidades para producción de caña (TCH), rendimiento de azúcar (KATC) y producción de azúcar (TAH) de 10 clones sobresalientes del estado III 2010-11 y la variedad CC85-92, caña planta, 2017. 1/=Rangos obtenidos por Tukey (P=0.05) para TAH

EC10-1185 (43), EC11-1779 (60) y EC11-1776 (25); en el ingenio COAZÚCAR los clones EC11-1743 (34), EC10-1670 (2), EC11-1600 (57) y EC11-1803 (16); y, para el ingenio San Carlos los clones EC11-961 (20), EC10-692 (10) y EC11-407 (4), entre otros (Figura 4). De esta serie, se seleccionaron 45 clones de los cuales se sembró un incremento de semilla. Con la información que se obtenga en primera soca se efectuará la selección definitiva de los clones que conformarán el estado IV 2010-11.

El **estado IV serie 2007**, integrado por 12 clones y cuatro variedades testigos (ECU-01, EC-02, EC-05 y CC85-92), se evaluó en segunda soca en los ingenios Valdez (004-036) y San Carlos (041305). Al analizar la información de las dos localidades mediante el gráfico de isoproductividad donde se representa la producción de caña (TCH), rendimiento azucarero (KATC) y la producción de azúcar (TAH), los clones ECSP07-287, EC07-426 y EC07-855 presentaron los mejores promedios de producción, entre 12 y 14 TAH (Figura 5). Aunque los clones EC07-101 y EC07-174 presentaron bajos tonelajes (TCH), sus rendimientos azucareros fueron altos (sobre 138 KATC). A partir de la información obtenida en caña planta, primera y segunda soca, se seleccionaron los clones EC07-141, ECSP07-287, EC07-426 y EC07-428, para evaluarlos en ensayos semicomerciales en los tres ingenios auspiciantes. El clon EC07-855 fue descartado debido a su susceptibilidad a roya café.

El **estado IV serie 2008-09** se evaluó en caña planta, integrado por 12 clones y cuatro testigos (ECU-01, EC-02, EC-06 y CC85-92), los que se evaluaron en tres localidades: ingenios COAZÚCAR (Graunit mod. A010-170), Valdez (004-010) y San Carlos (034403). El clon EC08-1265 presentó promedios altos en producción de caña (TCH), rendimiento de azúcar (KATC) y producción de azúcar (TAH) en

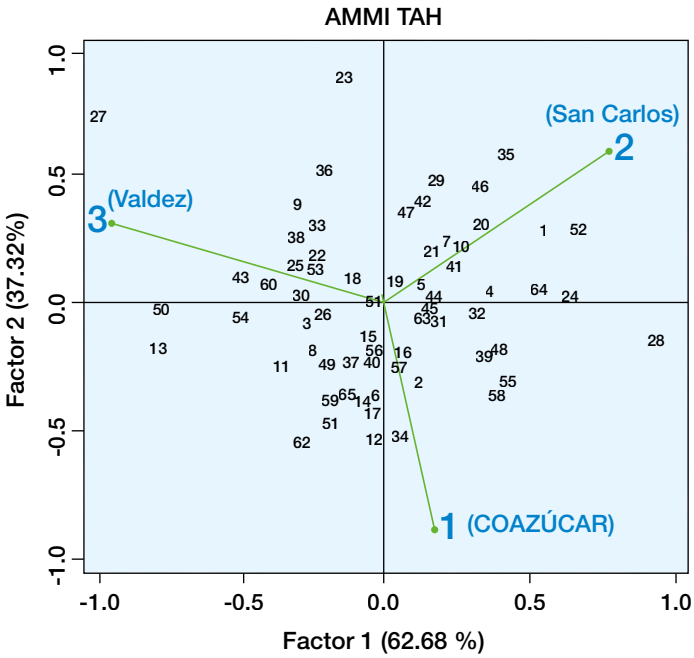


Figura 4. Análisis de interacción genotipo por ambiente (AMMI) para producción de azúcar (TAH) de 64 clones del estado III 2010-11 y la variedad CC85-92 evaluados en tres localidades, caña planta. 2017.

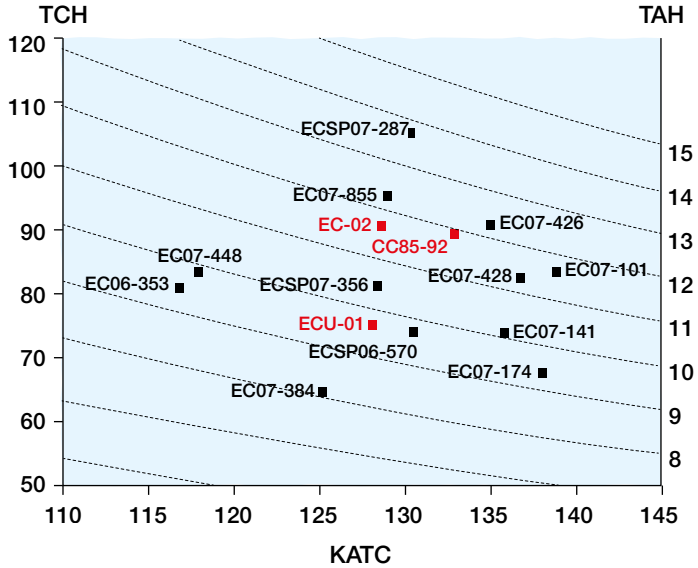


Figura 5. Curvas de isoproductividad con datos combinados de dos localidades de 12 clones del estado IV 2007 y tres testigos, segunda soca, 2017.

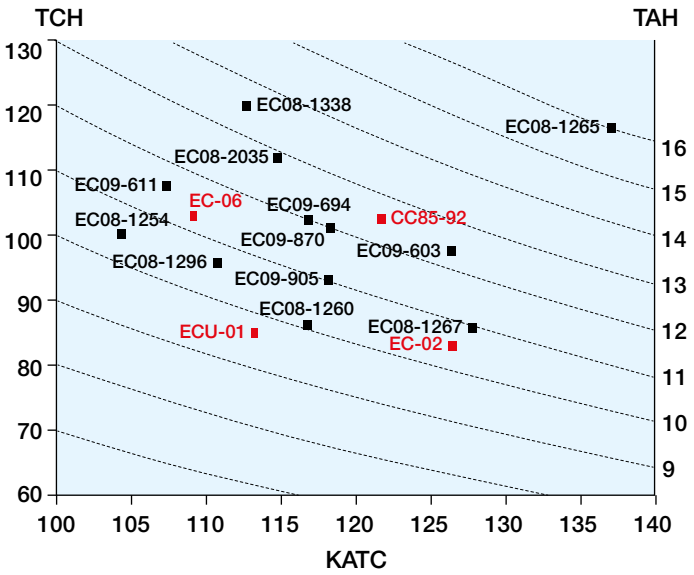


Figura 6. Curvas de isoproductividad con datos combinados de tres localidades de 12 clones del estado IV 2008-09 y cuatro testigos, caña planta, 2017.

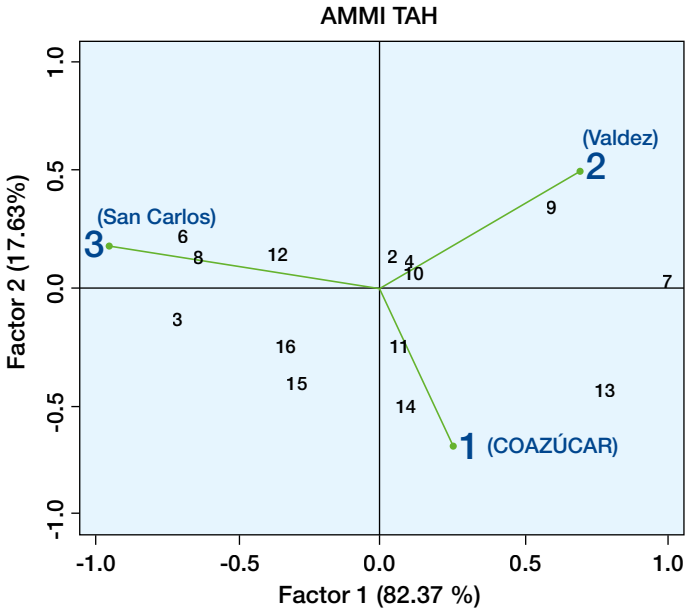


Figura 7. Análisis de interacción genotipo por ambiente (AMMI) para producción de azúcar (TAH) de 12 clones del estado IV 2008-09 y cuatro testigos evaluados en tres localidades, caña planta, 2017.

los tres ingenios, superando a los otros clones y testigos evaluados (Figura 6). Los clones EC09-603, EC08-2035 y EC08-1338 presentaron producciones de azúcar superior a las 12 toneladas y similar a la presentada por la variedad testigo CC85-92.

El análisis AMMI sugiere que las mejores producciones en el ingenio San Carlos se presentaron en los clones EC08-1265 (8), EC08-2035 (6) y EC09-694 (12); en el ingenio COAZÚCAR el clon EC09-870 (11), la variedad testigo EC-02 (14); y, en el ingenio Valdez el clon EC08-1260 (9) (Figura 7). Adicionalmente, el análisis de estabilidad de Eberhart y Russell (datos no presentados), mostró a los clones EC08-1265, EC08-1254 y EC08-2035 como los más adaptables y estables.

Otro grupo de 12 clones de las **series 2008 y 2009** y cuatro testigos (ECU-01, EC-02 y CC85-92 y el clon EC06-500), se evaluaron en primera soca, en tres localidades: San Carlos (200501), COAZÚCAR (La Ostra, A019-240) y COAZÚCAR (Graunit, A011-040). Los promedios combinados de producción y rendimiento, muestran que los clones EC09-611 y EC08-1891 presentaron valores superiores a las 11 TAH; y, los clones EC08-2035, EC08-1265, EC08-1338, EC08-1267, EC09-694 y la variedad testigo CC85-92, se ubicaron en la franja de las 10 TAH (Figura 8). Estos últimos cinco clones, incluyendo el clon EC09-611 se evaluarán en ensayos semicomerciales.

Los **ensayos semicomerciales** de la **serie 2004**, que están formados por los clones ECSP04-043, ECSP04-314, ECSP04-316, ECSP04-323 y ECSP04-494 se evaluaron en caña planta, en cuatro localidades de los ingenios auspiciantes: COAZÚCAR (Ruidoso mod. A020-400), San Carlos (060401) y Valdez (003-009 y 004-022). En todas las localidades se utilizó la variedad ECU-01 como testigo, incluyéndose además en COAZÚCAR las variedades CC85-92 y C132-81; y, en San Carlos:

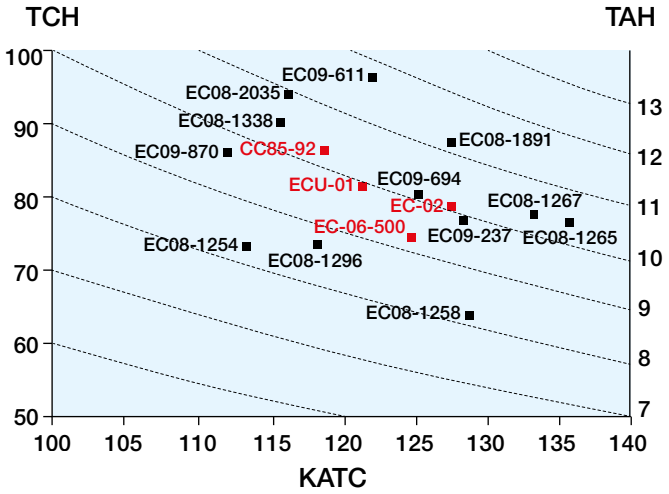


Figura 8. Curvas de isoproductividad con datos combinados de tres localidades de 12 clones del estado IV 2008-09 y cuatro testigos, primera soca, 2017.

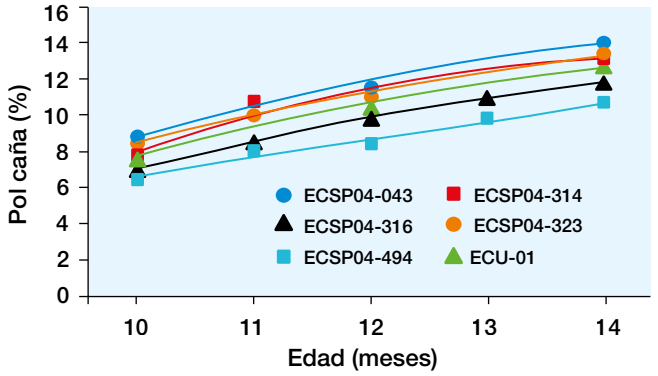


Figura 9. Curvas de maduración entre los 10 y 14 meses de edad, de cinco clones de la serie 2004 y la variedad ECU-01, evaluada en Valdez (004-022), caña planta, 2017.

CC93-4181 y CC85-92. En todos los ensayos se determinó el contenido de azúcar, pol caña (%), desde los 10 hasta los 14 meses de edad y se obtuvieron las curvas de maduración para cada genotipo.

El gráfico de las curvas de madurez estimadas para los clones y variedades se ajustó al modelo de regresión cuadrática. En la Figura 9 se presentan las curvas de los distintos clones del ensayo ubicado en el ingenio Valdez (004-042), cuya tendencia fue similar en las otras dos localidades. Los clones ECSP04-043, ECSP04-314 y ECSP04-323, presentaron contenidos superiores a la variedad ECU-01, en todas las fechas de evaluación.

En cuanto a producción de azúcar (TAH), los clones ECSP04-314 y ECSP04-323 presentaron producciones de alrededor de 14 TAH; comparados con la variedad ECU-01 (testigo) que mostró 13 TAH (Figura 10). Las evaluaciones en primera soca definirán la posible liberación de estos clones como nuevas variedades.

EVALUACIÓN DE VARIEDADES INTRODUCIDAS

En la **colección de germoplasma** se determinó el contenido azucarero a los 12 meses de edad en 140 variedades y clones con buen rebrote y buena apariencia agronómica. Se identificaron 15 genotipos con promedios superiores a 118.3 KATC (promedio más una desviación estándar), destacándose las variedades introducidas C89-161 y BJ65152 y los clones nacionales EC08-1265; EC09-237; EC08-1267; ECSP07-287 y EC08-1333, los que serán incluidos en un nuevo grupo para inducción a la floración y cruzamientos.

Por otra parte, se evaluaron **27 variedades introducidas** y liberadas de cuarentena abierta en 2016 y se compararon con tres variedades testigos: ECU-01; EC-02 y CC85-92. Once variedades (incluyendo EC-02) presentaron floración y 17 variedades mostraron buena apariencia agronómica. En cuanto al contenido de azúcar, las variedades introducidas Q209 y Q208 y la variedad nacional EC-02, mostraron promedios superiores a 116.3 KATC (promedio más una desviación estándar). Las evaluaciones en primera soca de estas variedades introducidas definirán su inclusión en los ensayos de clones de estado IV y semicomerciales con la posibilidad de recomendarlas para producción comercial.

Estudios de marcadores moleculares

Se continúa realizando el análisis de **expresión de genes asociados** con la **acumulación de sacarosa** en 12 genotipos de caña de azúcar, mediante reacción en cadena de la polimerasa con

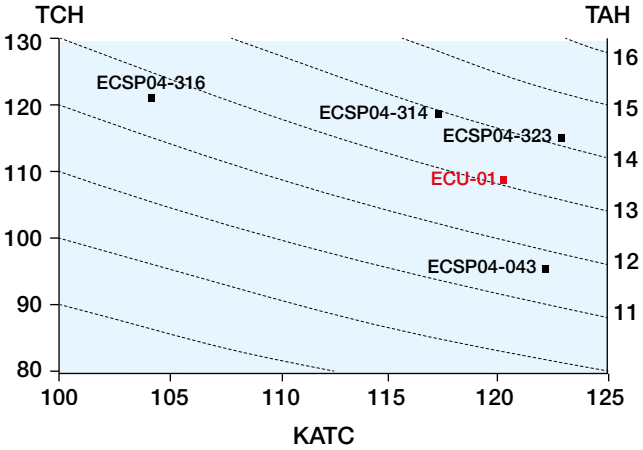


Figura 10. Curvas de isoproductividad con promedios combinados de tres localidades de cuatro clones de la serie 2004 en ensayo semicomercial y la variedad testigo ECU-01, caña planta, 2017.

transcriptasa reversa en tiempo real (RT-PCR). Este estudio permitirá determinar los cambios en la expresión de cuatro genes: sacarosa sintasa (SS), sacarosa fosfato sintasa (SPS), invertasa ácida soluble (SAI) e invertasa de la pared celular (IPC), durante la acumulación de azúcar.

En este periodo se optimizaron las condiciones y eficiencia del análisis de RT-PCR, mediante la extracción del ARN en cinco submuestras de las porciones superior (entrenudo 12) e inferior (entrenudo 3) de tallos de la variedad B 4362. Los datos de expresión se obtuvieron mediante el método comparativo dos delta C_T (ddC_T) y la diferencia de la expresión relativa (*log2*) fueron normalizados con los genes control o "housekeeping" (28S y GAPDH).

Los resultados preliminares indicaron menor expresión de los genes IPC y SAI durante la mayor acumulación de sacarosa en los entrenudos del tercio inferior del tallo; sugiriendo una relación negativa entre la acumulación de azúcar y la expresión de estos genes. En cambio, la expresión del gen SPS fue igual en los entrenudos del tallo (Figura 11). Sin embargo, la asociación de la expresión del gen SS debe ser nuevamente analizada empleando una mayor cantidad de tallos.

En la matriz de expresión con mapa de calor (Figura 12), se corrobora que los niveles de expresión de los genes IPC y SAI podrían considerarse como marcadores genéticos, que permitirían categorizar los clones y variedades en relación al rendimiento azucarero; pues, la regulación del gen SAI muestra una asociación negativa con la acumulación de sacarosa (-3.55).

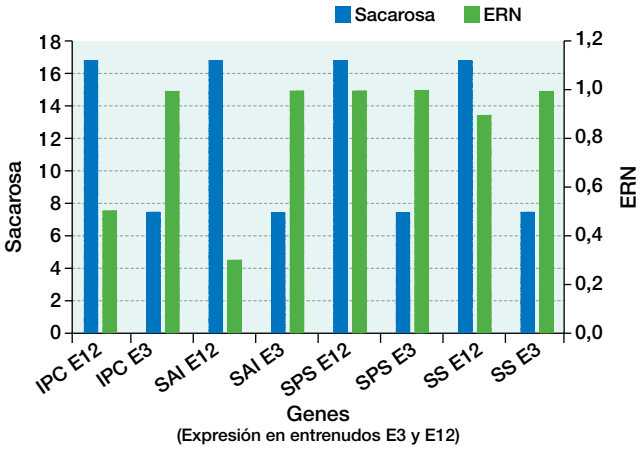


Figura 11. Análisis del nivel de expresión relativa de cuatro genes mediante qPCR: Invertasa de la pared celular (IPC); ácido soluble (SAI); sacarosa fosfato sintasa (SPS) y sacarosa sintasa (SS), en la acumulación de sacarosa (% Pol en jugo), en la variedad B 4362 usando los entrenudos E3 y E12. ERN=Expresión Relativa Normalizada. CINCAE, 2017.

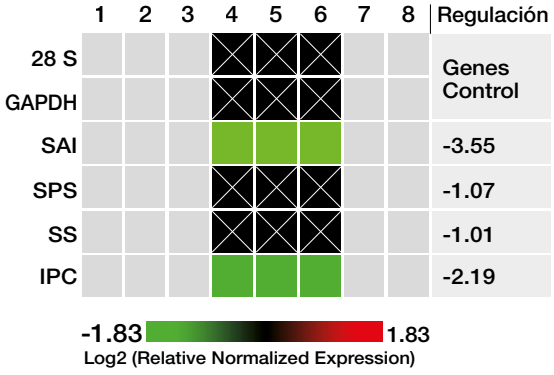


Figura 12. Visualización de la matriz de expresión con un mapa de calor (Heat Map), durante el proceso qPCR. Líneas horizontales muestran la expresión diferencial de los genes Control 28S y GAPDH, invertasa de la pared celular (IPC), invertasa ácida soluble (SAI), sacarosa fosfato sintasa (SPS) y sacarosa sintasa (SS), evaluada en los entrenudos E3 y E12 de la variedad B 4362. CINCAE, 2017.

MANEJO DE ENFERMEDADES

Carolina Avellaneda B.
Fabián Fiallos E.
Mayra Valdez A.
Ignacio Viteri M.

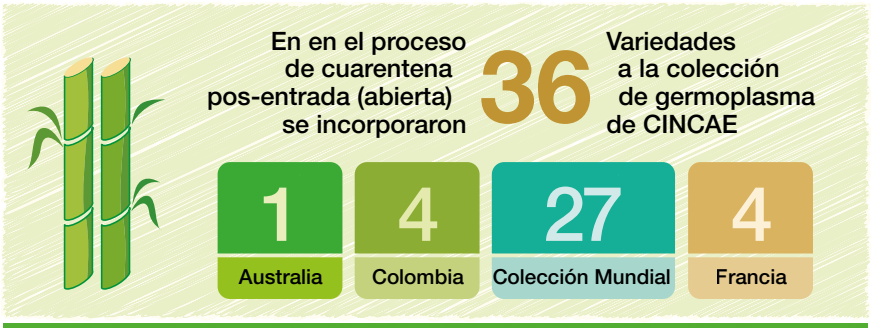
RESUMEN

Cuando CINCAE inició sus actividades en manejo de enfermedades hace 20 años, no existía un sistema de cuarentena para este cultivo en Ecuador, tampoco un programa permanente de semilleros sanos y de diagnóstico de enfermedades; por lo cual, la incidencia del raquitismo de la soca (RSD) (*Leifsonia xily* subsp. *xily*), llegaba al 42% y la escaldadura de la hoja (LSD) (*Xanthomonas albilineans*) al 3%. Ante esta situación, el trabajo del área de Fitopatología ha sido desarrollar un sistema preventivo de enfermedades y apoyar al programa de mejoramiento genético en el desarrollo de nuevas variedades de caña de azúcar. La continuación de éstas actividades han permitido que este año en el proceso de cuarentena pos-entrada (abierta) se incorporen 36 variedades libres de patógenos a la colección de germoplasma de CINCAE, procedentes de Australia, Colombia, Estados Unidos–Colección mundial y Francia; únicamente la variedad IJ76-412 presentó mosaico (SCMV). En las evaluaciones de enfermedades en los estados de selección de variedades, se observó que en primera soca del estado I 2015, donde se evaluaron 19,812 clones pertenecientes a 245 familias se observaron 55 clones infectados con roya café (*Puccinia melanocephala*) y 26 infectados con roya naranja (*Puccinia kuehnii*). En el estado II 2013 (n= 910), se observaron 37 clones infectados con roya café y uno con roya naranja; y, en estado II 2014 (n= 892), 45 clones fueron infectados con roya café y nueve con roya naranja. En el programa de semilleros sanos, se multiplicaron 12,075 plantas meristemáticas y se estableció 1.2 ha de semillero fundación en CINCAE.

Con el material obtenido en este semillero, se entregaron 113,718 plantas multiplicadas por yemas a los ingenios San Carlos (29.3%), Valdez (43.1%), COAZÚCAR (20.2%) y cañicultores (7.2%). También se diagnosticaron 3,482 ha de semilleros y canteros comerciales, con 45,128 muestras de hojas y tallos. Las principales variedades nacionales diagnosticadas fueron ECU-01, EC-05, EC-02, EC-04 y EC-08, con 2,120 ha (60.9%); y, las variedades introducidas CC85-92, CC01-1228, CC93-4181, CR74250 y Ragnar con 1,362 ha (39.1%). El manejo de semilleros mostró resultados positivos ya que los niveles de raquitismo de la soca son muy bajos con apenas 0.01% y en escaldadura de la hoja 0.02%, muy por debajo de los niveles críticos aceptables en semilleros. En apoyo al proyecto de incorporación de velvet al suelo desde 2016, se evidencia la capacidad de la bacteria fijadora de nitrógeno *Gluconacetobacter* para migrar a la planta a través del sistema radicular y ayudar para la fijación del nitrógeno.

PROCESO DE CUARENTENA

En cuarenta cerrada, el diagnóstico de raquitismo de la soca (RSD), escaldadura de la hoja (LSD) y virus de la hoja amarilla (SCYLV) se realizó mediante las técnicas inmunoenzimáticas denominadas TBIA y moleculares (NESTED-PCR y RT-PCR), en 10 variedades provenientes de la Colección Mundial de Miami, Estados Unidos (Baroukha 239, Rounda, IJ 76-412, Khakai, Kerah, NG 26-011, CP 66-0346, CP 70-0321, CR 67-1093 y P-SOR 84-13),



Cuadro 1. Número de clones del estado I 2015 (n=19,812) clasificados de acuerdo a la escala del grado de reacción para roya café y roya naranja bajo infección natural en campo. CINCAE, 2017.

Enfermedades	Escala de evaluación (Purdy y Dean, 1980)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Roya café (*P. melanocephala*)	19,757	0	0	0	0	18	15	22	0	0
Roya naranja (*P. kuehnii*)	19,786	0	0	0	3	9	14	0	0	0

y una de Colombia (CC01-1940). Sólo se observó la presencia de raquitismo de la soca en las variedades Kerah y CR67-1093. Estas variedades pasarán a proceso de termoterapia y cultivo de tejidos para evaluarlas en cuarentena abierta.

En la estación de cuarentena abierta o pos-entrada, se evaluó la incidencia de raquitismo de la soca (RSD), escaldadura de la hoja (LSD), hoja amarilla (SCYLV) y el virus de mosaico (SCMV) en 36 variedades introducidas mediante TBIA y NESTED-PCR y RT-PCR. Las variedades H53-4596, Ho95-9988 y TCP87-3388 mostraron presencia de RSD y ninguna de las variedades presentó LSD, hoja amarilla o mosaico. En evaluaciones de campo se observó roya naranja en las variedades HoCP85-845 y NG28-212 (82-76); y, roya café solo se detectó en la NG28-212 (82-76) con una incidencia menor al 1%. Las variedades CP70-0321 e IJ76-412 resultaron altamente susceptible para mosaico. Basados en estos resultados, se entregaron 36 variedades para incrementar la colección de germoplasma de CINCAE.

INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN ESTADOS DE SELECCIÓN DE VARIEDADES NACIONALES

En el **estado I 2015**, primera soca, se evaluó la reacción a roya café, roya naranja, carbón y mosaico de 19,812 clones pertenecientes a 245 familias. La evaluación se realizó en condiciones de infección natural en campo y se empleó la escala para roya café y roya naranja de Purdy

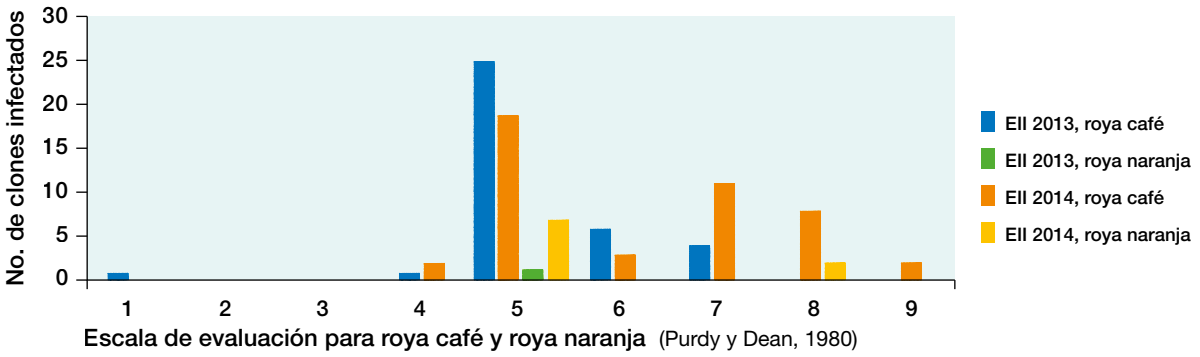


Figura 13. Número de clones infectados con roya café (*Puccinia melanocephala*) y roya naranja (*Puccinia kuehnii*), en los estados de selección II 2013 (n=910) y II 2014 (n=892) del programa de mejoramiento. CINCAE, 2017.

Purdy, L. H., y Dean J. L. 1980. Un sistema para registrar los datos sobre las interacciones entre la roya de la caña de azúcar y el hospedero. p. 177-180. En: Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar, 1. Enfermedades de la caña de azúcar. Memorias. Miami, 8-10 Octubre, 1980. Vanguard, Miami.

y Dean donde: 0 = altamente resistente, 1, 2 = resistente, 3, 4 = moderadamente resistente, 5 = intermedia 6, 7 = moderadamente susceptible, 8 y 9 = susceptible. La mayoría de clones mostraron resistencia a estas enfermedades, con apenas el 0.27% de ellos dentro de las escalas 5, 6 y 7 para roya café y 0.13% para roya naranja (Cuadro 1). No hubo presencia de carbón en el ensayo en los dos años de corte.

En el **estado II 2013** (n=910 clones), primera soca, 873 clones no mostraron reacción alguna a roya café, 35 clones presentaron síntomas, de los cuales 25 calificaron como intermedios y 10 susceptibles (Figura 13). En el caso de roya naranja, todos los clones fueron resistentes, solo el clon EC13-405 presentó una reacción moderadamente resistente. Respecto al mosaico de la caña de azúcar, únicamente cinco clones (0.5%) (EC13-004, EC13-130, EC13-187, EC13-284 y EC13-548), se comportaron como susceptibles y no se encontraron clones infectados con carbón.

En el **estado II 2014** (n=892 clones), caña planta, 797 clones no mostraron reacción alguna a roya café y 42 clones mostraron síntomas, de los cuales 18 resultaron intermedios y 24 susceptibles (Figura 13). En el caso de roya naranja sólo nueve clones presentaron síntomas de esta enfermedad, los clones EC14-794 y EC14-795 mostraron susceptibilidad. No se encontraron síntomas de carbón y mosaico de la caña de azúcar.

En el incremento de semilla del **estado II 2010** (n=130), primera soca, los clones EC10-290, EC10-800 y EC10-2161 presentaron síntomas de roya naranja, con un grado de reacción intermedio y no presentaron síntomas de roya café, mosaico y carbón. En el incremento de semilla del **estado II 2011** (n=136), primera soca, cinco clones presentaron síntomas de roya café y fueron categorizados como intermedios (EC11-475, EC11-961, EC11-1365 y EC11-1598), y el clon EC11-1295 se mostró como susceptible. El porcentaje en severidad de las hojas TVD+4 de estos clones infectados alcanzó el 1%. Para roya naranja solo el clon EC11-1598 obtuvo calificación de intermedio con una severidad del 1%. En este incremento no se observaron síntomas de mosaico y carbón. En el incremento de semilla del **estado II 2012** (n=143), primera soca, cinco clones fueron susceptibles a roya café (EC12-666, EC12-1003, EC12-1185, EC12-1226 y EC06-219). Respecto a roya naranja, los clones EC12-464 y EC06-219 fueron intermedios, con una severidad en la hoja TVD+4 del 5%. En este incremento no se observaron síntomas de mosaico y carbón.

Se observó

Roya Naranja

en las variedades HoCP85-845 y NG28-212 (82-76)

Roya Café

solo se detectó en la NG28-212 (82-76) con una incidencia menor al 1%.

Mosaico

las variedades CP70-0321 e IJ76-412 resultaron altamente susceptibles

En el **estado III 2010-2011** (n=84), caña planta, ubicados en los ingenios San Carlos (Zelandia 200103), Valdez (04010) y COAZÚCAR (A010-170) los clones evaluados no presentaron síntomas de roya café, roya naranja, mosaico y carbón de la caña de azúcar.

En las evaluaciones realizadas en CINCAE a los incrementos de semilla del **estado IV 2004** (n=6) lote 21A, **estado IV 2007** (n=9), lote 12, ambos en primera soca, en los ensayos del **estado IV 2008-2009**, caña planta (n=12) y primera soca (n=13), ubicados en los tres ingenios, no se observaron síntomas de roya café, roya naranja, carbón y mosaico. En el **estado IV 2007** (n=12), **segunda soca** ubicado en el ingenio Valdez (04-036), el clon EC07-855 se clasificó como intermedio a roya café; y, en el semillero del estado IV 2008-2009 (n=12) primera soca, el clon EC08-1254 fue susceptible a roya café y el clon EC09-905 intermedio a roya naranja. Todos los clones mostraron resistencia a mosaico y carbón. En las evaluaciones de los clones en ensayos semicomerciales de la serie 2004, ubicados en los ingenios Valdez, San Carlos y COAZÚCAR, no se observaron síntomas de roya café, roya naranja, carbón o mosaico.

PROGRAMA DE SEMILLEROS

Multiplicación de semilla

El programa de semilleros sanos ejecutado entre CINCAE y los ingenios COAZÚCAR, San Carlos y Valdez incluye la formación de los semilleros fundación a partir de plantas meristemáticas; de éstos se producen plantas de yemas individuales para formar semilleros básicos y comerciales. Para garantizar la pureza fitosanitaria se realiza la desinfección de machetes y el diagnóstico de raquitismo de la soca (RSD), escaldadura de la hoja (LSD), virus de la hoja amarilla (SCYLV) y virus del mosaico (SCMV). Se estableció 1.2 ha de semillero fundación de cinco clones promisorios, ocho variedades EC y dos variedades importadas a partir de la micropropagación de meristemos en el laboratorio de cultivo de tejidos de CINCAE.

Figura 14. a) Siembra de yemas individuales de semilla sana en las camas de germinación. b) Plántulas en terrazas. CINCAE, 2017.

Una vez que el semillero fundación se mostró libre de enfermedades sistémicas, en el mes de mayo se inició la extracción, tratamiento térmico y siembra de las yemas individuales (Figura 14 a y b). En este período se entregaron 113,718 plantas de las ocho variedades nacionales, CC85-92 y Ragnar a los ingenios COAZÚCAR (23,016), San Carlos (33,404), Valdez (49,098) y cañicultores (8,200) (Figuras 15 y 16).

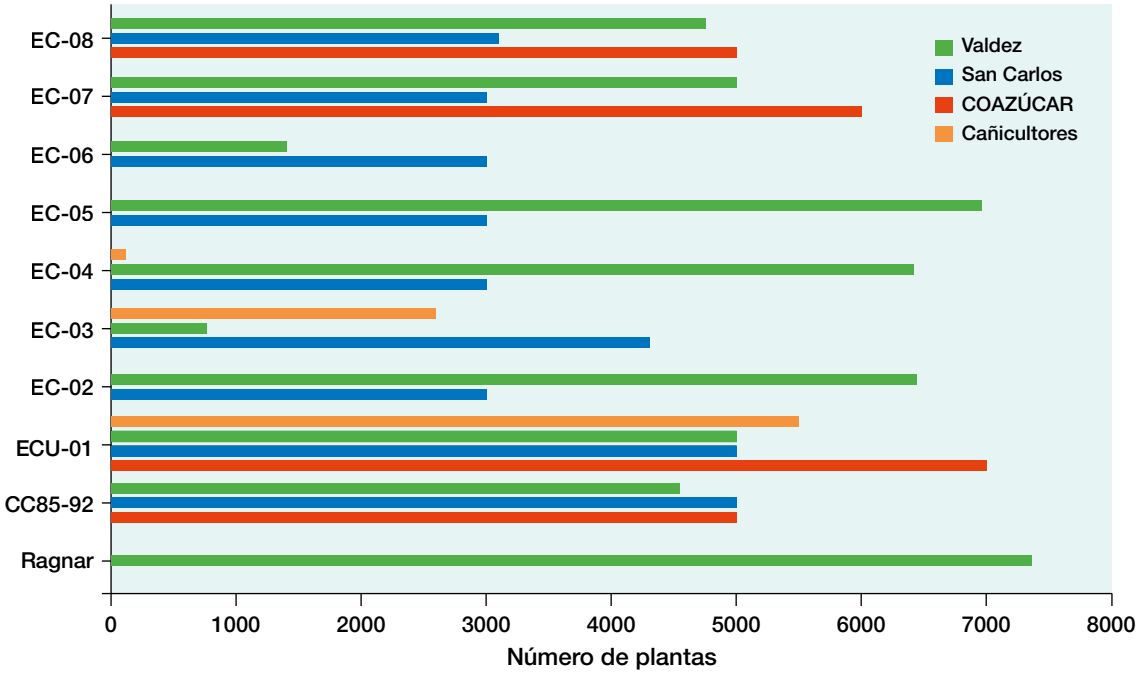


Figura 15. Número de plantas por variedad entregadas a los ingenios COAZÚCAR, San Carlos, Valdez y cañicultores. CINCAE, 2017.

Figura 16. Entrega de plantas de yemas individuales al personal del ingenio San Carlos. CINCAE, 2017.

Diagnóstico de raquitismo de la soca (*Leifsonia xily* subsp *xily*) y escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*) en semilleros básicos, semilleros comerciales y canteros comerciales.

Este año se evaluaron 3,482 ha de semilleros básicos, comerciales y canteros comerciales de los tres ingenios auspiciantes. Se analizaron un total de 45,128 muestras de hojas y tallos. Los niveles de incidencia para el raquitismo de la soca (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) y escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*) fueron bajos, con promedios ponderados del 0.01% y 0.02% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resultados del diagnóstico de raquitismo de la soca (*Leifsonia xyli* subsp *xyli*) y escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*) efectuados en semilleros básicos y comerciales; y, canteros comerciales, de los ingenios COAZÚCAR, Valdez y San Carlos, 2017.

				Incidencia (%)			
				Raquitismo		Escaldadura	
Semilleros	Área (ha)	Edad (meses)	Nº de muestras (Hojas y tallos)[a/]	Promedio[b/]	Max.[c/]	Promedio[b/]	Max.[c/]
Ingenio COAZÚCAR							
SB	19.9	6.0	720	0.00	0.00	0.00	0.00
SC	1,065.4	8.0	10,650	0.00	2.00	0.00	5.00
Ingenio Valdez							
SB	52.1	6.2	1,200	0.00	0.00	0.10	2.00
SC	642.6	7.6	10,448	0.00	0.00	0.02	5.70
CC	703.1	8.0	7,800	0.04	6.00	0.00	2.00
Ingenio San Carlos							
SC	998.9	8.6	14,310	0.01	8.00	0.01	6.00
TOTAL / PROM.	3,482		45,128	0.01	5.30	0.02	5.80

SB= semillero básico, SC= semillero comercial y CC= cantero comercial; a/ Número de muestras analizadas (hojas = escaldadura; tallos = raquitismo); b/ Promedio de incidencia ponderada por el área; c/ Máximo nivel de incidencia detectado.

Las variedades nacionales ECU-01, EC-05, EC-02, EC-04 y EC-08 representaron 2,120 ha (60.9%); mientras que, 1,362 ha (39.1%) corresponden a las variedades introducidas CC85-92, CC01-1228, CC93-4181, CR74250 y Ragnar (Figura 17).

EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE INOCULACIÓN DE *Xanthomonas albilineans* CAUSANTE DE ESCALDADURA DE LA HOJA (LSD) EN VARIEDADES Y CLONES DE CAÑA DE AZÚCAR.

Se determinó la eficacia de tres métodos de inoculación de la bacteria *Xanthomonas albilineans* en 10 variedades con diferentes niveles de reacción en planta de cinco meses de edad. El aislamiento de la bacteria se realizó a partir de tejido foliar el cual presentaba sintomatología característica de la enfermedad y en medio de cultivo selectivo (Figura 18). El primer método consistió en realizar un corte transversal del cogollo en la lígula visible con tijeras infectadas y se adicionó una gota de 1 ml de suspensión bacteriana de $9x10^8$ UFC/ml sobre el corte; el segundo fue un corte transversal del cogollo en la primera lígula visible con tijeras de podar previamente infectadas en la solución bacteriana, sobre el corte se colocó un algodón impregnado con la misma suspensión; y, el tercero fue un corte en la base del cogollo del tallo con machete infectado con una suspensión bacteriana de $9x10^8$ UFC/ml (Figura 19). El tratamiento control (testigo)consistió en un corte transversal del cogollo (lígula) con tijeras de podar estéril, colocando sobre el corte algodón impregnado con agua estéril (López-Vásquez y Valdez-Valero, 2016).

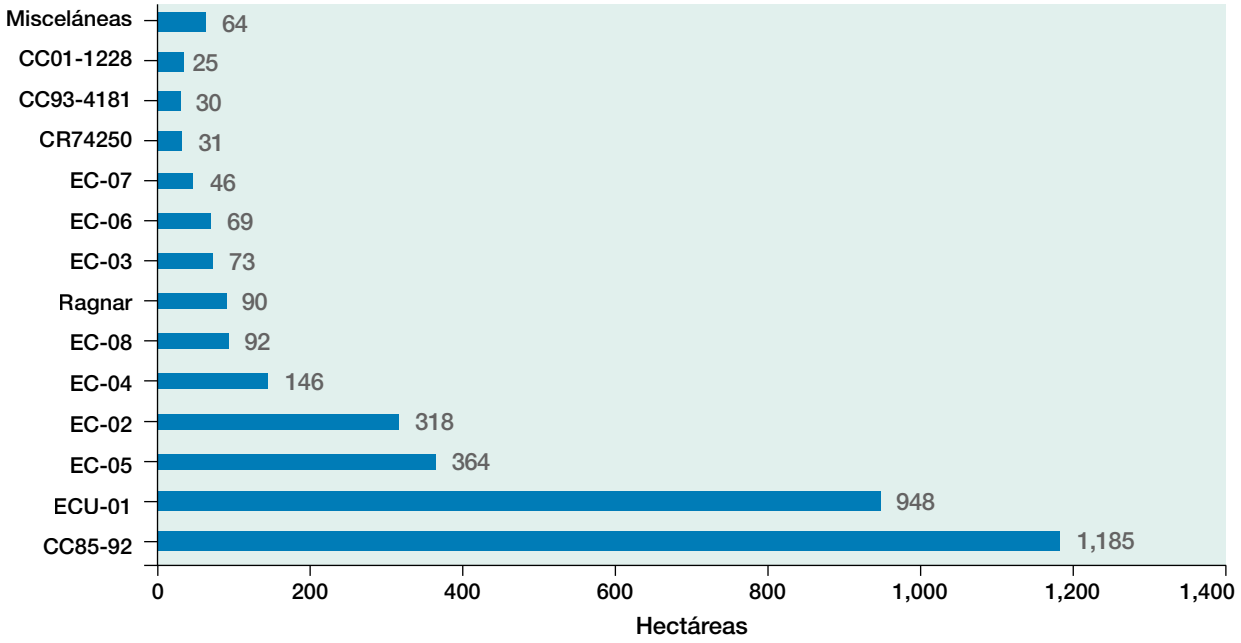


Figura 17. Número de hectáreas de semilleros diagnosticados por variedad en los ingenios COAZÚCAR, Valdez y San Carlos. CINCAE, 2017.

López-Vásquez, J.J., Valdez-Valero, A. 2016. Evaluación de tres métodos de inoculación a *Xanthomonas albilineans* en variedades de caña de azúcar., Colegio de Postgraduados Campus Tabasco.

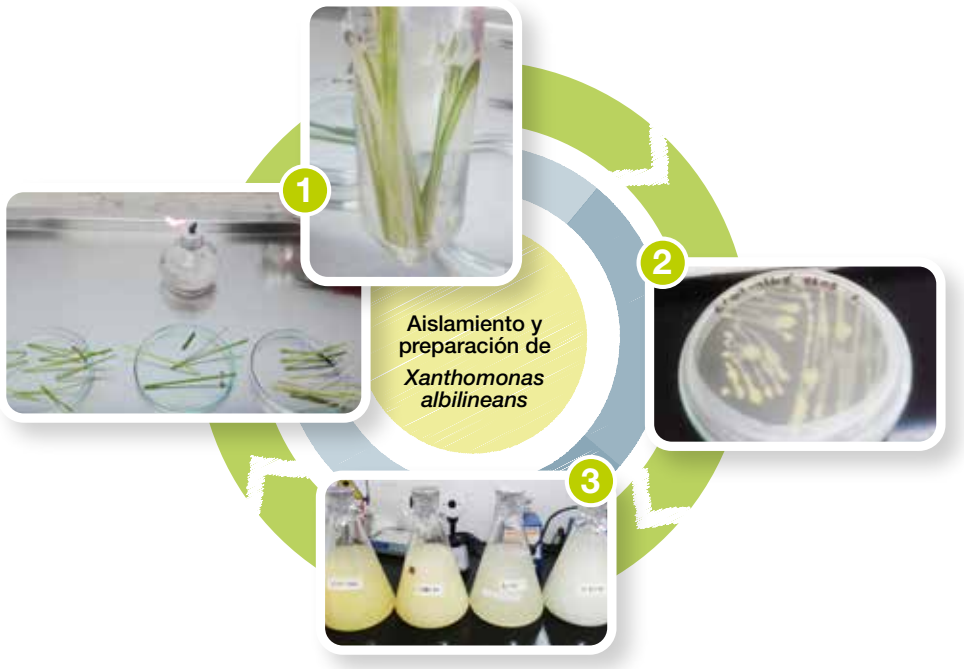


Figura 18. Diagrama de la metodología empleada para el aislamiento de *Xanthomonas albilineans* y preparación de inóculo. 1. Aislamiento, 2. Multiplicación en medio de cultivo y 3. Suspensión bacteriana (Rott *et al*., 1997).

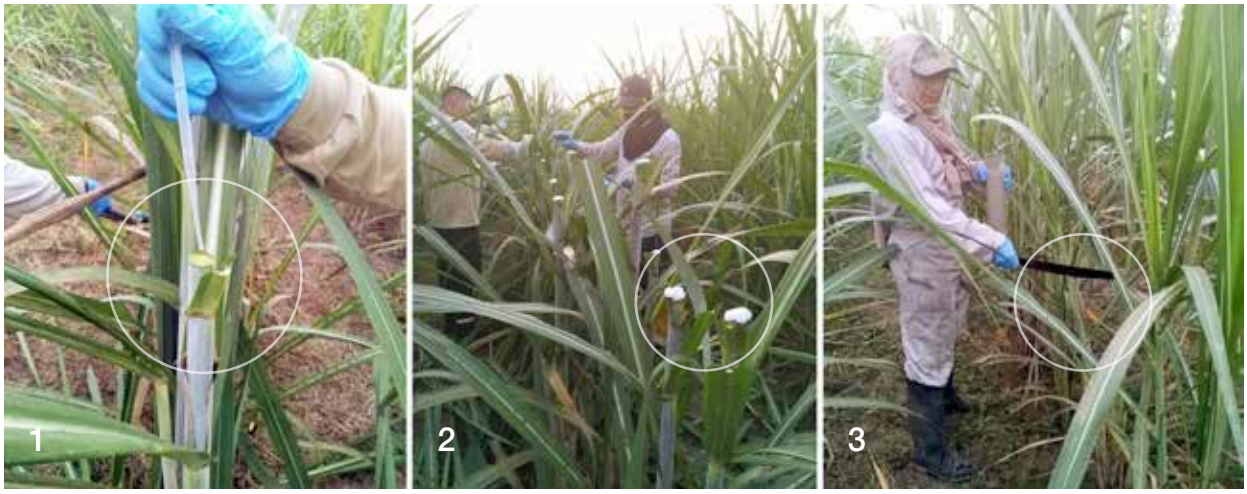


Figura 19. Metodologías de inoculación de *Xanthomonas albilineans* evaluadas: 1. Corte de cogollo + 1ml de inóculo, 2. Corte de cogollo + algodón mojado con inóculo, 3. Corte con machete infectado.

Rott, P., Mohaemd, I.S., Klett, P., Soupa, D., Saint-Albin, A., Feldmann, P. and Letourmy, P. 1997. Resistance to leaf scald disease is associated with limited colonization of sugarcane and wild relatives by *Xanthomonas albilineans*. Phytopathology 87:1202-1213.

A los 30 días después de la inoculación se evaluó el porcentaje de incidencia y severidad de esta enfermedad, considerando el número de cogollos infectados en relación al número de cogollos inoculados por 100, y para el porcentaje de severidad de la enfermedad se utilizó la fórmula descrita por Rott *et al*. en 1997, donde se calcula con base a diferentes síntomas observados. Los resultados muestran que el método de corte transversal del cogollo con tijeras infectadas + 1 ml de inóculo (1) y el corte en la base del cogollo con machete infectado (3), presentaron los mayores porcentajes de severidad e incidencia de escaldadura de la hoja, con diferencias estadísticas significativas en comparación con los métodos 2 y 4 (testigo). Este último presentó una leve infección debido posiblemente a la transmisión por agua, rocío o viento (Cuadro 3).

Resultados muestran que el **método de corte transversal** del cogollo con tijeras infectadas +1 ml de inóculo y el corte en la base del cogollo con machete infectado, son alternativas de inoculación para identificar clones resistentes a escaldadura.

Para determinar la presencia de la bacteria *X. albilineans* en plantas con sintomatología, se utilizaron las técnicas TBIA y Nested PCR. En TBIA no se detectó la bacteria debido a la baja especificidad del antisuero, el cual solo permite detectar un alto título bacteriano; mientras que, en Nested PCR se confirmó la presencia de la bacteria.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Evaluación de microorganismos del suelo en CINCAE

Como seguimiento a los estudios realizados en caña planta en el proyecto: Evaluación de la incorporación de velvet (*Mucuna pruriens*), realizados en el lote 22 de CINCAE, se procedió a monitorear la presencia en tallos de la bacteria fijadora de nitrógeno *Gluconacetobacter* sp. dado que en muestras provenientes de suelo varió en poblaciones, tanto en profundidades de suelo y meses de evaluación. Se evaluaron los ocho tratamientos del ensayo a los ocho meses de edad y se tomaron tres tallos de los cuales se extrajo

Cuadro 3. Porcentajes de severidad e incidencia de *Xanthomonas albilineans* obtenidos con cuatro métodos de inoculación en 10 variedades de caña de azúcar. CINCAE, 2017.

Tratamiento	Métodos de inoculación	Severidad (%)	Incidencia (%)
1	Corte transversal en el cogollo con tijera infectada + 1 ml de inóculo.	11.8 a[1/]	43.1 a[1/]
3	Corte en la base del cogollo con machete infectado.	5.7 ab	21.7 ab
2	Corte transversal en el cogollo con tijera infectada + algodón mojado con inóculo.	3.5 b	15.4 b
4	Corte transversal en el cogollo con tijera estéril + algodón mojado con agua estéril.	1.4 b	6.1 b

[1/] Promedios con letras distintas son significativamente diferentes, Tukey (p=0.05)

Cuadro 4. Población de *Gluconacetobacter* sp. (UFC/ml), en muestras de jugo de tallo o caña provenientes de ocho tratamientos (combinaciones) con y sin velvet (*Mucuna pruriens*), quemadas con herbicida y sin quemar, y tres dosis de nitrógeno. CINCAE, 2017.

Dosis (kg N/ha)	UFC/ml [1/]
Sin Velvet + 0%N	261.7
Sin Velvet + 100%N	355.8
Velvet quemado + 25%N	308.8
Velvet quemado + 50%N	310.8
Velvet quemado + 75%N	140.0
Velvet sin quemar + 25%N	270.0
Velvet sin quemar + 50%N	260.8
Velvet sin quemar + 75%N	211.7

[1/] UFC = Unidades formadoras de colonias / ml.

jugo de su tercio basal y se sembraron 100 µl en superficie en medio LGI-P y 72 horas después de la incubación se procedió a realizar el recuento (Cuadro 4).

Los recuentos poblacionales indican migración de la bacteria hacia el tercio basal del tallo indistintamente de los tratamientos evaluados. Esta migración hacia el tallo explicaría las fluctuaciones de las poblaciones de *Gluconacetobacter* en los muestreos de suelo, siendo más evidente las bajas poblaciones en la menor profundidad evaluada (0-10 cm). Al mismo tiempo, sería beneficioso para el cultivo por la capacidad de esta bacteria para fijar nitrógeno que podría estimular la producción de la caña de azúcar, así como la interacción con organismos endófitos y sus hospederos. Adicionalmente, en los dos últimos años se han efectuado análisis microbiológicos de muestras de humus, bioles y suelos de los ingenios COAZÚCAR y San Carlos.

MANEJO DE PLAGAS

Jorge Mendoza M.
Darío Gualle A.
Patricia Gómez P.

RESUMEN

Los resultados de 20 años de investigaciones entomológicas en caña de azúcar en CINCAE, han permitido conocer la fauna entomológica que está asociada a este cultivo en la zona azucarera de la cuenca baja del río Guayas. Al mismo tiempo, se han generado nuevos conocimientos y tecnologías de manejo sostenible de los ecosistemas de producción procurando evitar o disminuir las pérdidas que puedan ocasionar los insectos plagas. Desde el punto de vista entomológico, las plagas que continúan siendo importantes en esta zona de producción son: saltahojas, *Perkinsiella saccharicida*, áfido amarillo, *Sipha flava,* y barrenador del tallo, *Diatraea saccharalis*. Este año también se realizaron estudios sobre el ácaro anaranjado, *Abacarus sacchari*, el áfido blanco, *Melanaphis sacchari*, la cochinilla harinosa, *Saccharicoccus sacchari* y la rata cañera, *Sigmodon hispidus* y *Oryzomys* sp. En un estudio comparativo para determinar la preferencia varietal del saltahojas, se evaluaron las variedades EC-07 y EC-08, con infestaciones en condiciones controladas, se observó mayor susceptibilidad de la EC-08 en todos los parámetros de producción. En otro experimento se determinó que las infestaciones del saltahojas que ocurren al inicio de la época lluviosa en cultivos que tienen cinco meses o más de edad no tuvieron efecto sobre la producción y rendimiento en la variedad EC-05. En estas condiciones, el factor principal de mortalidad del saltahojas fue *Metarhizium anisopliae*, registrándose una epizootia que alcanzó el 94% de mortalidad en el testigo. Con relación al barrenador del tallo, la recolección de larvas en los tres ingenios han confirmado, hasta ahora, únicamente la presencia de *D. saccharalis*. Sin embargo, estas evaluaciones continuarán ya que en el Valle del Río Cauca, Colombia, se reportan cuatro especies de *Diatraea* (*saccharalis, indigenella, busckella* y *tabernella*). Por su parte, la cosecha en verde ha tenido un efecto detrimental sobre las poblaciones del saltahojas y áfidos (amarillo y blanco); mientras que, las poblaciones del picudo rayado, *Metamasius hemipterus*, tienden a incrementarse durante los primeros meses después del corte. En cuanto a la dinámica poblacional del ácaro anaranjado, las mayores poblaciones están relacionadas con la época de lluvias, mostrando mayor preferencia por los clones ECSP04-316, ECSP04-314 y la variedad EC-08. El ciclo de vida de la cochinilla harinosa tuvo una duración de 14 a 26 días y los enemigos naturales más predominantes han sido tres especies de microhimenópteros de la familia Encyrtidae, dos especies de dípteros (Cecidomyiidae y Drosophilidae) y el hongo entomopatógeno *Aspergillus* sp. En el caso de la rata cañera, los niveles poblacionales y de daño se mantuvieron por debajo de los umbrales económicos, lo cual estaría relacionado con la disminución de caña rezagada en este ciclo de cultivo.

Desde el punto de vista entomológico las plagas que continúan siendo importantes en esta zona de producción son:

Saltahojas
Perkinsiella saccharicida

Áfido amarillo
Sipha flava

Barrenador del tallo
Diatraea saccharalis

SALTAHOJAS, *Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy

El saltahojas, *Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy, continua siendo la plaga más importante de la caña de azúcar en la cuenca baja del río Guayas. Hasta ahora, las tecnologías desarrolladas para el manejo de esta plaga han permitido efectuar un control oportuno y eficiente, teniendo como componente principal la conservación y aumento de los enemigos naturales, las buenas prácticas

agronómicas, la tolerancia de las variedades cultivadas y el uso racional de insecticidas. En un estudio comparativo, bajo condiciones controladas, con plantas de cuatro meses de edad y con dos meses de infestación, se determinó que la variedad EC-07 es más tolerante al ataque del saltahojas que la variedad EC-08. Así, la EC-07 fue superior estadísticamente a la EC-08 en todas las variables evaluadas, con una diferencia de 17.6, 10.8 y 41.6% en altura, diámetro y peso, en su orden. Las interacciones entre los dos factores (variedad e infestación) resultaron altamente significativas. En el caso de la variedad EC-07 hubo una reducción del 37.1% de peso, entre las plantas sanas y las plantas infestadas; mientras que, en la variedad EC-08 la reducción fue del 46.6%. En otro estudio, se determinó que las infestaciones del saltahojas al inicio de la época lluviosa, en cultivos de la variedad EC-05, con cinco meses de edad, no afectaron significativamente la producción y el rendimiento azucarero. En este experimento se tuvo un promedio de 68 adultos/tallo y 41 ninfas por hoja en las parcelas testigo, siendo el factor principal de control el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Figura 20) que alcanzó 94% de mortalidad (Figura 21).

Con relación a las labores agronómicas, la cosecha en verde tuvo un efecto detrimental en las poblaciones del saltahojas. A pesar de que el

Figura 20. Mortalidad de adultos del saltahojas causada por *Metarhizium anisopliae*.

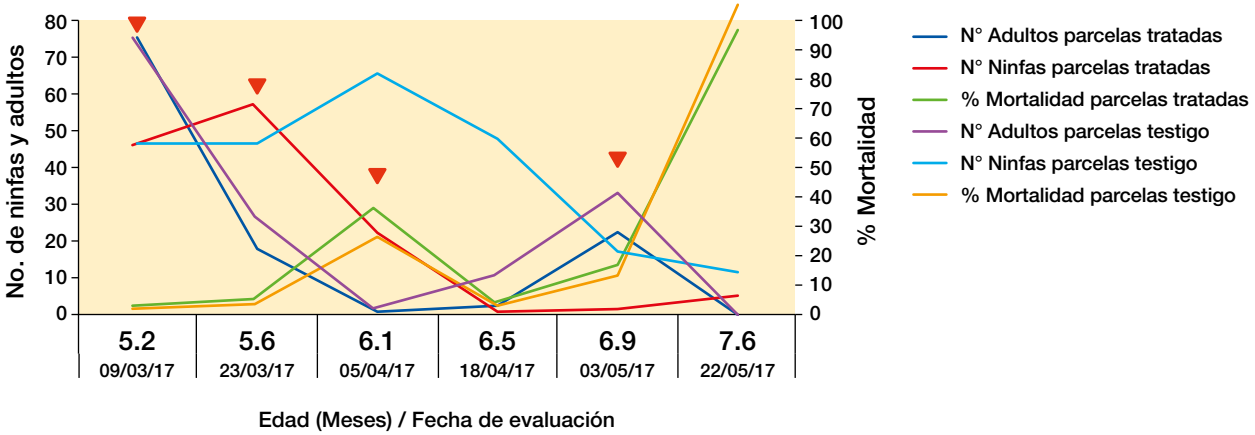


Figura 21. Número de ninfas y adultos de *Perkinsiella saccharicida* y porcentaje de mortalidad causada por *M. anisopliae*, en las parcelas testigos y tratadas (las flechas indican las aplicaciones del insecticida) en la variedad EC-05. Ingenio San Carlos, Marzo-Mayo, 2017.

saltahojas es una plaga exógena y migratoria, en los lotes cosechados en verde las poblaciones fueron menores a las registradas en los cortados con caña quemada. Una tendencia similar se observó sobre el número de posturas por hoja, encontrándose una relación de 3:1 entre la caña quemada y la cosecha en verde, en la época de mayor incidencia de esta plaga. Estos resultados se atribuyen a la menor perturbación de la fauna benéfica que causa la cosecha en verde; sin embargo, no hubo diferencias significativas en el nivel de parasitismo de huevos y en la mortalidad causada por *M. anisopliae* entre los dos tipos de cosecha.

En un estudio comparativo

bajo condiciones controladas, con plantas de cuatro meses de edad, se determinó que la variedad EC-07 es más tolerante al ataque del saltahojas que la variedad EC-08.

ÁFIDO AMARILLO, *Sipha flava* Forbes

En campo ha sido muy notoria la diferencia en el comportamiento de variedades y clones promisorios respecto al áfido amarillo. Para determinar el tipo de respuesta, se efectuaron dos pruebas o experimentos con 13 variedades y clones bajo condiciones controladas. En la primera prueba se determinó el tipo de resistencia conocida como no preferencia o antixenosis y en la segunda prueba, el efecto adverso de la planta sobre la biología del insecto o antibiosis. En la primera, se utilizaron plantas de dos meses de edad, sembradas en maceteros plásticos de 3 litros de capacidad y plántulas de sorgo con áfido amarillo como fuente de infestación. La metodología consistió en una prueba de libre elección dentro de un cubículo de 3 m x 3 m, cubierto con malla antiáfido. Las plantas de sorgo infestadas con áfido amarillo se colocaron en el centro del cubículo y las plantas de las variedades alrededor, formando un círculo, a una distancia de 1.5 m de la fuente de infestación (Figura 22a). A los 25 días después de la infestación (DDI) se registró el número de áfidos por planta y a los 38 (DDI) se estimó el porcentaje de área foliar afectada con síntomas de amarillamiento y necrosamiento (% AFA).

En la prueba de antibiosis se utilizaron plántulas de dos meses de edad en las que se colocaron ninfas del áfido amarillo recién nacidas (Figura 22b). En este caso se determinó la duración del ciclo de vida y la fecundidad de cada individuo adulto, por variedad.

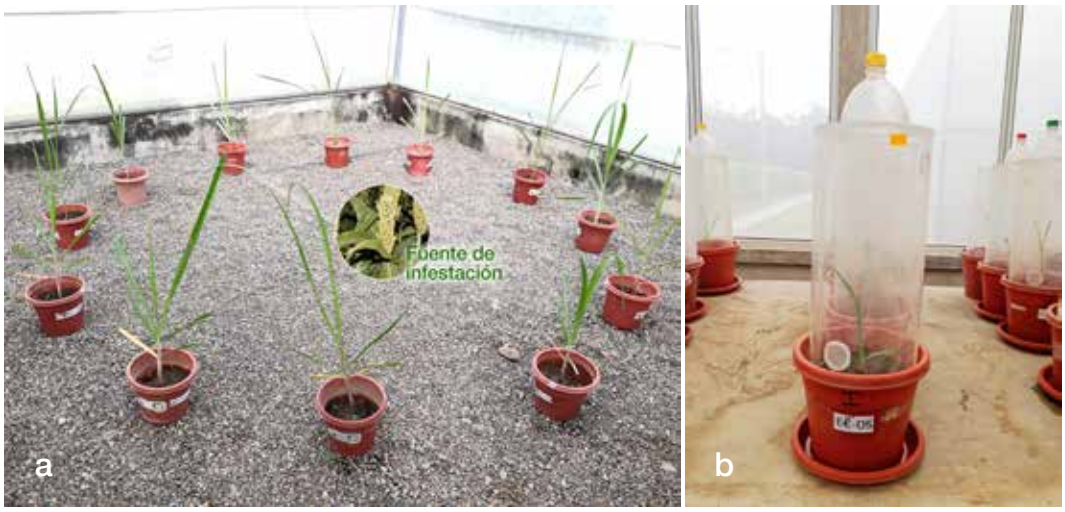


Figura 22. Prueba de libre elección del áfido amarillo (a) y duración del ciclo de vida en 13 cultivares de caña de azúcar (b). CINCAE, Agosto-Noviembre, 2017.

Los cultivares con menor preferencia y menor tasa de multiplicación del áfido fueron ECSP07-141, ECSP03-590, ECSP07-428, CC85-92 y ECSP07-287, con un promedio de 215, 274, 320, 326 y 335 áfidos/planta. A su vez, los cultivares con mayor preferencia y con mayor tasa de multiplicación fueron EC-05, EC-02, EC-07, EC-04 y EC-08, con un promedio de 1148, 1050, 744, 690 y 547 áfidos/planta. Respecto al área foliar afectada (AFA) por el áfido amarillo, los cultivares menos afectados fueron ESCP03-590, EC-06 y RAGNAR, con un promedio de 17.5, 22.3 y 29.0% AFA; mientras que, las variedades ECU-01, EC-05, EC-02, fueron las más afectadas, con un promedio de 64.9, 58.3 y 57.6% AFA. Estos resultados muestran que existen diferencias en cuanto a la preferencia y a la susceptibilidad al ataque de esta plaga. El clon ECSP03-590 resultó de menor preferencia; mientras que, la variedad EC-05 se mostró como más susceptible y de mayor aceptación por la plaga. En el caso del clon ECSP07-141 presentó una menor población del áfido amarillo, pero se mostró más susceptible al daño causado por estos insectos (Figura 23).

Los resultados mostraron diferencias significativas entre los cultivares. En un grupo se ubicaron los clones ECSP03-590, ECSP07-428, ECSP07-141 y ECSP07-287, donde la duración del ciclo de vida del áfido amarillo fue mayor, con promedios de 16.4, 14.6, 13.8 y15.4 días; y, a su vez, presentaron una menor tasa de reproducción, con 29.8, 29.7, 30.3 y 35.5 crías, en cada variedad. El otro grupo estuvo representado por las variedades EC-02, EC-06 y EC-04, en donde el ciclo de vida del

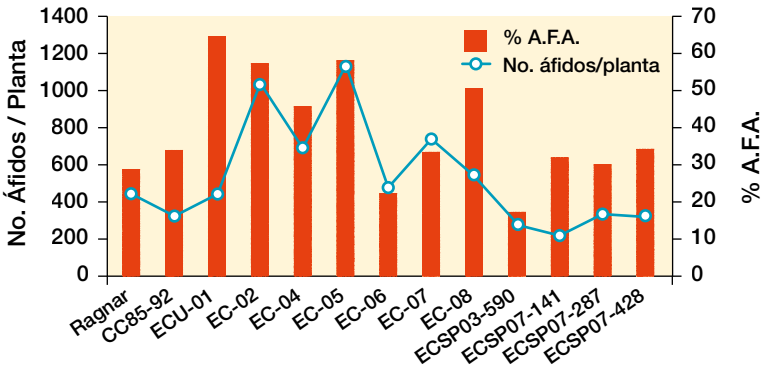


Figura 23. Número de áfidos amarillo/planta a los 25 días después de la infestación (DDI) y porcentaje del área foliar afectada (% A.F.A.) a los 38 DDI. CINCAE, Agosto-Noviembre, 2017.

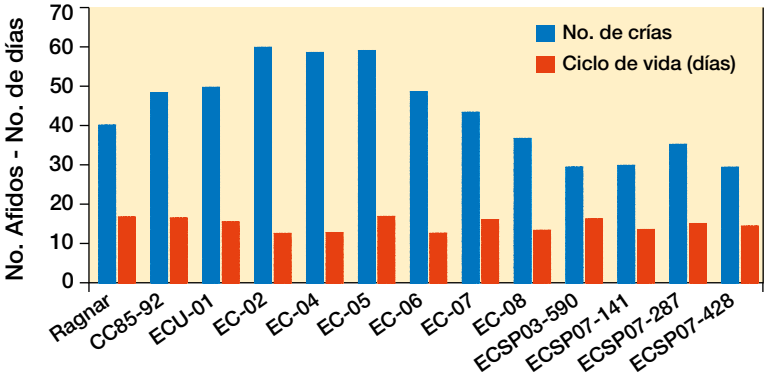


Figura 24. Duración del ciclo de vida y fecundidad del áfido amarillo (*Sipha flava*) en 13 cultivares de caña, bajo condiciones de invernadero (27.2 ± 4.2 ºC; 75.0 ± 13.6% HR). CINCAE, 2017.

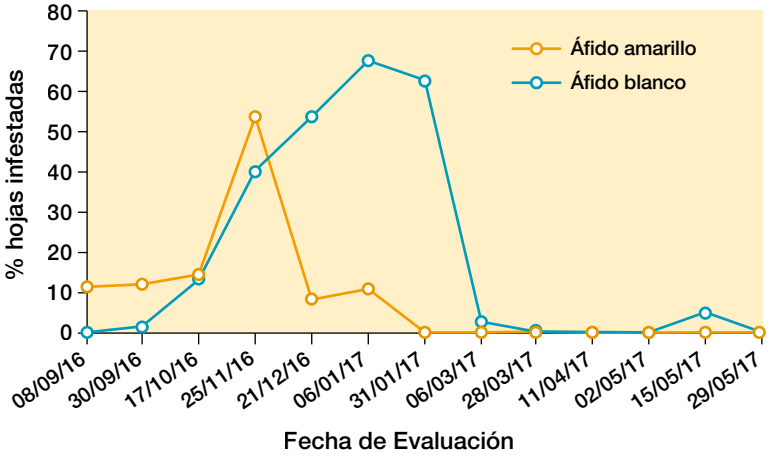


Figura 25. Fluctuación poblacional del áfido amarillo, *Sipha flava*, y el áfido blanco, *Melanaphis sacchari*, en la variedad EC-08. 2016-2017.

áfido fue más corto con 12.8, 12.8 y 13 días y una tasa de reproducción mayor, con una descendencia de 60.4, 49.0 y 59.0 crías, respectivamente (Figura 24).

En otro estudio se evaluó la dinámica poblacional y la preferencia varietal del áfido amarillo y el áfido blanco en variedades y clones en el semillero fundación de CINCAE desde septiembre 2016 a mayo 2017. En cuanto al áfido amarillo, la mayor incidencia ocurrió entre octubre y diciembre de 2016, siendo mayor en los cultivares EC-08, EC-07, ECSP03-590 y ECSP04-043, con 53.7, 50.6, 56.0 y 60.9% hojas infestadas (H.I.), respectivamente. La menor infestación se presentó en el clon ECSP04-316, con 27.4% de hojas infestadas. A fines de diciembre 2016 las poblaciones del áfido amarillo comenzaron a descender hasta casi desaparecer durante la época lluviosa. Respecto al áfido blanco, la mayor incidencia se presentó entre fines de noviembre 2016 y enero 2017, siendo mayor en las variedades EC-08 y EC-07, con 68.1 y 39.5% H.I., en su orden. En los otros cultivares la infestación no superó el 19.6% H.I. A partir de febrero 2017 las poblaciones decrecieron a niveles cercanos a cero (Figura 25). Los principales enemigos naturales para ambas especies de áfidos fue el depredador *Scymnus* sp. (Figura 26); también se observó a la avispita *Lysiphlebus testaceipes* parasitando al áfido blanco (Figura 27).

Existen diferencias en cuanto a la preferencia al ataque del áfido amarillo.

El clon ECSP03-590 resultó de menor preferencia. La variedad EC-05 mostró mayor aceptación por la plaga.

Al evaluar el efecto de la quema y de la cosecha en verde sobre las poblaciones del áfido amarillo y el áfido blanco, no se observaron diferencias significativas entre los dos sistemas de cosecha. Considerando que ambas especies de áfidos son plagas exógenas, el origen y los niveles de incidencia mostraron una tendencia similar en ambos tipos de cosecha. La mayor incidencia del áfido amarillo se presentó en diciembre 2016, entre dos a tres meses de edad del cultivo, alcanzando un promedio de 88.7 y 74.4% H.I. en la soca de lotes cosechados en verde y lotes con caña quemada, respectivamente. A partir de febrero las poblaciones del áfido amarillo tendieron a disminuir en ambos tipos de cosecha. En cuanto al áfido blanco la mayor incidencia ocurrió entre febrero y marzo 2017, siendo mayor en los lotes de caña quemada, alcanzando 53.2% H.I. a inicios de febrero 2017; mientras que, en esta misma fecha se registró 7.5% H.I. en los lotes de cosecha en verde (Figura 28).

Figura 26. Larva de *Scymnus* sp. depredando áfido blanco, *M. sacchari*.

Figura 27. Adultos de áfido blanco, *M. sacchari*, parasitados por *Lysiphlebus testaceipes*.

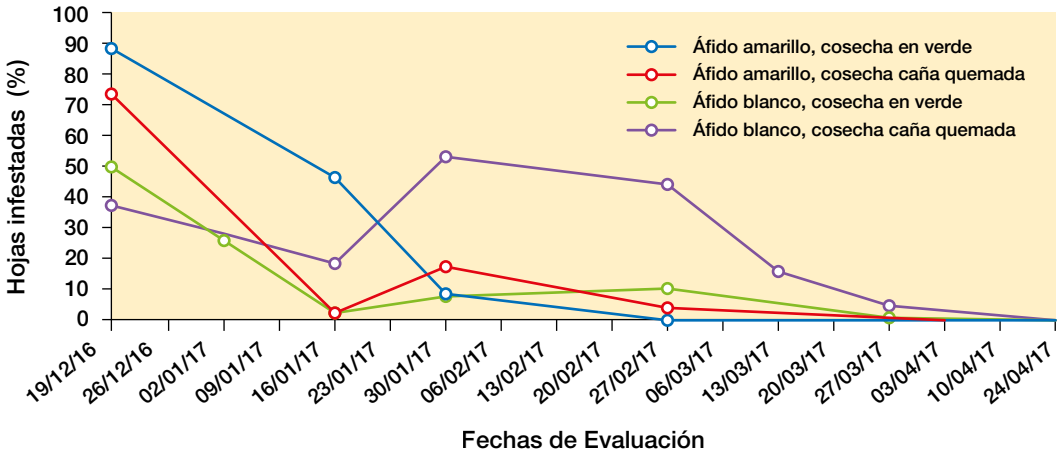


Figura 28. Promedio del porcentaje de hojas infestadas con áfido amarillo, *Sipha flava*, y áfido blanco, *Melanaphis sacchari*, en tres lotes de cosecha en verde y tres lotes de cosecha caña quemada. Ingenio San Carlos, 2016-2017.

BARRENADOR DEL TALLO, *Diatraea saccharalis* Fabricius

Los barrenadores del tallo constituyen una de las plagas de mayor importancia económica en la mayoría de países productores de caña de azúcar y agrupa varias especies del género *Diatraea*. Algunas de éstas tienen una distribución más amplia en el continente americano, como es el caso de *D. saccharalis*, y otras se encuentran confinadas en áreas más localizadas. En el caso del Valle del Río Cauca, Colombia, actualmente se reportan cuatro especies de *Diatraea* (*saccharalis, indigenella, busckella y tabernella*), de las cuales únicamente se tiene conocimiento de la existencia de *D. saccharalis* en nuestro país. En vista de esta situación se iniciaron estudios para determinar la posible presencia de otras especies de *Diatraea* en esta zona del país. Para ello se están haciendo recolecciones de larvas del barrenador en los tres ingenios y con la ayuda de claves taxonómicas, basados en la morfología de los estados de larva, pupa y adulto y, en la genitalia del macho, se procede a la identificación de la especie. Hasta ahora se han recolectado 348 larvas del barrenador del tallo en los tres ingenios y los resultados confirman únicamente la presencia de *D. saccharalis* en caña de azúcar (Figura 29).

Figura 29. Características morfológicas de la larva, pupa y adulto de *Diatraea saccharalis*. CINCAE, 2017.

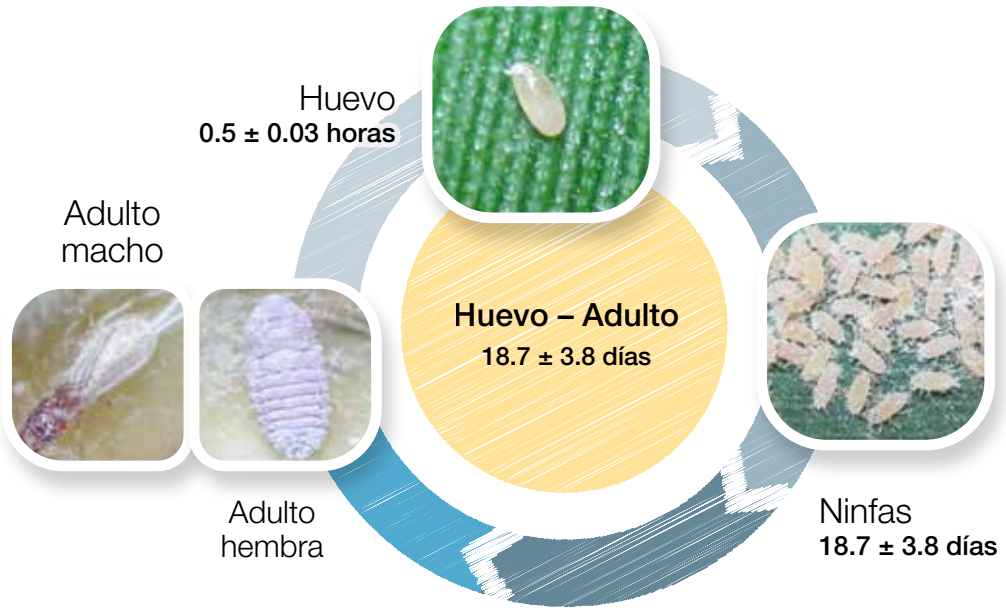


Figura 30. Ciclo de vida de la cochinilla harinosa, *Saccharicoccus sacchari*, en condiciones de laboratorio (27.2 ± 1.7 ºC; 68.9 ± 8.8% HR). CINCAE, 2016 -2017.

COCHINILLA HARINOSA, *Saccharicoccus sacchari* Cockerell

La duración del ciclo de vida de la cochinilla harinosa, desde que es puesto el huevo hasta que se transforma en un adulto reproductivo, es de 18.7 ± 3.8 días, con un rango de 14 a 26 días (Figura 30). Los machos son muy escasos y de vida muy corta. La reproducción es principalmente partenogenética. La fecundidad de las hembras alcanza un promedio de 316.7 ± 121.4 huevos, con un rango de 103 a 555. La fertilidad de los huevos fue de alrededor del 99%. Los enemigos naturales identificados comprenden tres especies de microhymenopteros de la familia Encyrtidae que parasitan adultos de la cochinilla, dos especies de dípteros de las familias Cecidomyiidae y Drosophilidae, cuyas larvas actúan como depredadores (Figura 31) y, el hongo entomopatógeno, *Aspergillus* sp. De estos el más importante ha sido el hongo, registrándose epizootias cercanas al 100% de mortalidad entre junio y agosto; mientras que, el nivel de parasitismo alcanzó apenas el 5.6% (Figura 32).

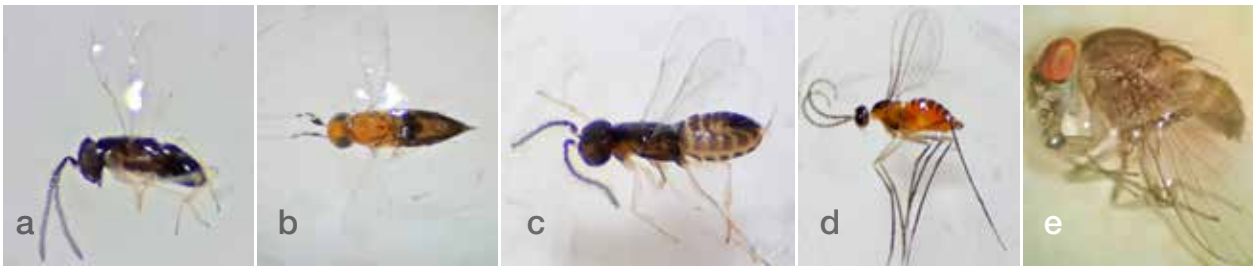


Figura 31. Enemigos naturales de la cochinilla harinosa: a, b, c) Hymenoptera, Encyrtidae; d) Díptera, Cecidomyiidae, e) Díptera, Drosophilidae. CINCAE, 2017.

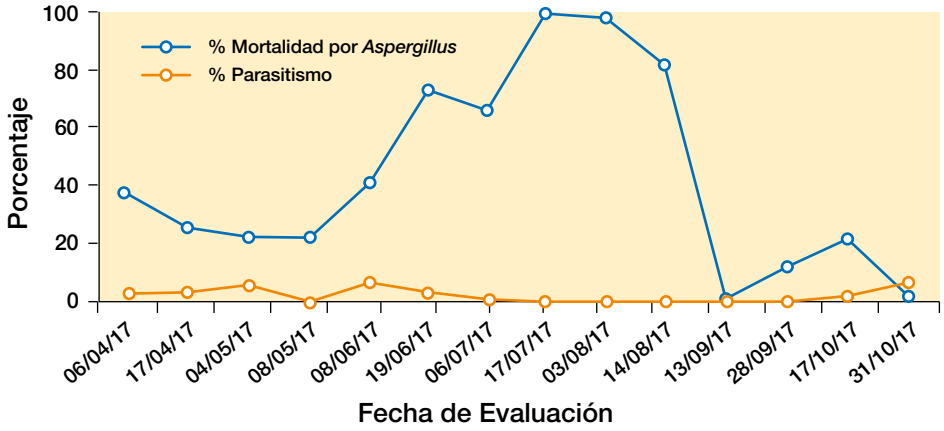


Figura 32. Porcentaje de parasitismo y mortalidad de *Saccharicoccus sacchari* causada por *Aspergillus* sp. CINCAE, Abril - Octubre 2017.

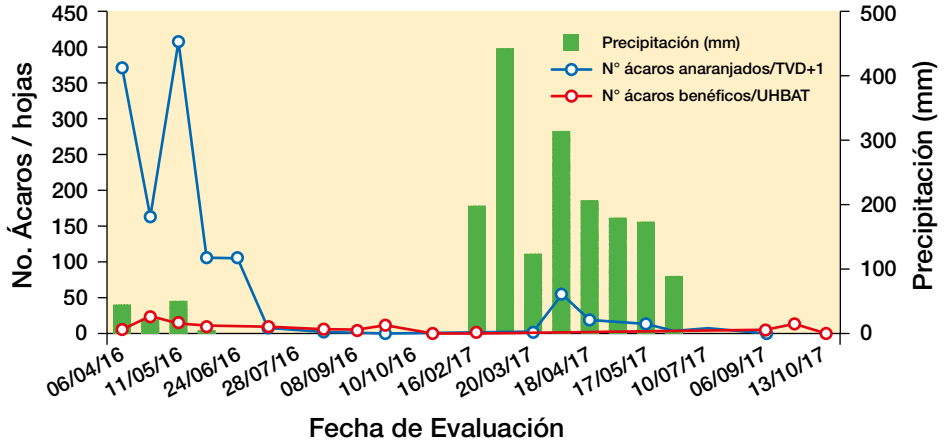


Figura 33. Número de ácaros anaranjados, *Abacarus sacchari*/hoja TVD+1 y número de ácaros depredadores registrados en la última hoja bajera adherida al tallo (UHBAT) en la variedad EC-08 y su relación con la precipitación quincenal. CINCAE, 2016-2017.

ÁCARO ANARANJADO, *Abacarus sacchari* Chann.

Los estudios de dinámica poblacional del ácaro anaranjado, *Abacarus sacchari*, en la variedad EC-08, en CINCAE, mostraron que la incidencia de esta plaga está relacionada con la época lluviosa. En 2017, las poblaciones de este ácaro disminuyeron con relación a los años anteriores, lo cual coincide con la evolución que pueden tomar algunas plagas exóticas, más aún cuando existen factores naturales que puedan regular las poblaciones de la plaga introducida. En 2016, la mayor población se presentó entre abril y mayo, alcanzándose un promedio de 413 ácaros/hoja TVD+1 (Figura 33); y, en 2017 la tendencia fue similar; pero con menor población en abril (56 ácaros/hoja TVD+1). Los enemigos naturales más predominantes en este estudio fueron otras especies de ácaros benéficos de la familia Phytoseiidae, con una población de 20 ácaros/hoja, en la época de mayor incidencia del ácaro anaranjado

En cuanto a la preferencia varietal del ácaro anaranjado, se observó una mayor población en el

clon ECSP04-316, seguido de ECSP04-314 y la variedad EC-08, con 235.5, 183.4 y 70.3 ácaros/hoja TVD+1, respectivamente. En cambio, la variedad EC-07 y los clones ECSP03-590, EC04-43 mostraron bajas poblaciones, con 3.6, 11.4 y 28.7 ácaros/hoja. Sin embargo, en ninguna de las variedades y clones evaluados se observaron síntomas relacionados con esta plaga.

RATA CAÑERA, *Sigmodon hispidus, Oryzomys* sp.

El aumento de caña rezagada en los años anteriores creó un ambiente favorable para el desarrollo de poblaciones de la rata cañera, convirtiéndose en un problema fitosanitario de mucha importancia en el cultivo de caña de azúcar en la cuenca baja del río Guayas. Bajo estas circunstancias se efectuó un experimento para evaluar tres métodos de control, en canteros cosechados en verde y otros con caña quemada. Los métodos de control fueron: 1) método utilizado en el ingenio "La Unión", de Guatemala, 2) método utilizado en el ingenio La Troncal y 3) testigo sin control. Cada lote quemado o cosechado en verde se dividió en tres secciones para asignar aleatoriamente los métodos de control. Las evaluaciones se efectuaron mensualmente para determinar la densidad poblacional de la plaga y los daños ocasionados en la planta.

Los resultados obtenidos en este ciclo de producción mostraron una baja incidencia de la rata, situándose en niveles inferiores al establecido como niveles de control (8% de trampas con capturas efectivas y 1% de daño fresco). Únicamente en el testigo, entre los 8 y 9 meses de edad, en los lotes sin quemar, se obtuvo 11% de trampas con capturas efectivas; sin embargo, el nivel de daño fue inferior al 1% de daño fresco. Esta situación estaría relacionada con la disminución significativa de caña rezagada en la zafra de 2017. En cuanto a la relación entre el número total de ratas capturadas, se observó una proporción de 8:1 entre *Oryzomys* sp. y *Sigmodon hispidus* durante los ocho meses de evaluaciones (Figura 34).

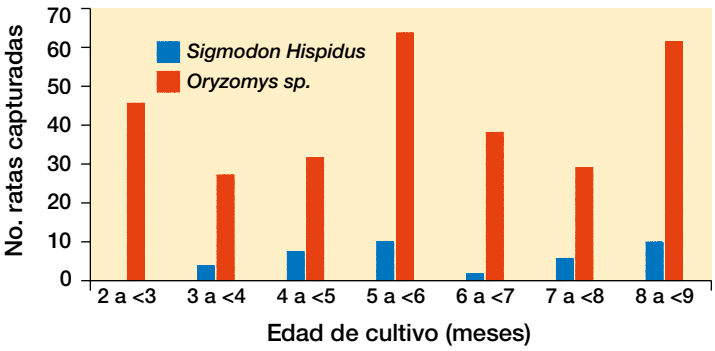


Figura 34. Relación entre el número total de ratas capturadas de las especies *Oryzomys* sp. y *Sigmodon hispidus* y la edad del cultivo. Ingenio San Carlos, 2016-2017.

MANEJO DE **SUELOS** Y **FERTILIZANTES**

Raúl O. Castillo T.
Miguel A. Suárez V.
Mónica Salazar C.

RESUMEN

El principal objetivo de la investigación del Área de Suelos y Fertilizantes en los primeros 20 años de labores, ha sido apoyar el proceso de selección de variedades nacionales. Los clones de los estados avanzados son evaluados para determinar la respuesta a diferentes dosis de fertilización nitrogenada y potásica, y disponer de información básica antes de la liberación de una nueva variedad. Adicionalmente, las variedades liberadas se evalúan en pruebas semicomerciales con distintas dosis de fertilizante nitrogenado y potásico. Por otro lado, se estudia la incorporación de enmiendas orgánicas con el objetivo de mejorar las propiedades químicas y físicas del suelo. En el año 2017, la investigación se resume principalmente en seis actividades: 1. Estudios sobre la respuesta de los clones promisorios de las series 2003 y 2004 a cuatro niveles de N y K_2O, mostraron que, en primera soca, el clon EC03-590 presentó producciones superiores a 250 sacos de azúcar/ha (SAH), con dosis promedio de 143 kg de N/ha y 78 kg de K_2O/ha. En la serie 2004, el clon ECSP04-316 produjo 127.3 toneladas de caña/ha (TCH) en caña planta, promedio de tres localidades, pero mostró bajos contenidos de azúcar (8.7% pol caña) y alcanzó 229.3 SAH; mientras que, el clon ECSP04-323, mostró mayor pol en caña (10.1%), con 237.4 SAH. 2. Evaluaciones sobre la respuesta de la variedad EC-02 a diferentes niveles de N en distintos sistemas de siembra, en pruebas semicomerciales, determinaron que se debe aplicar entre 120 y 150 kg N/ha, y una dosis óptima económica (DOE) de 145 kg de N/ha. 3. En el estudio sobre la respuesta de la variedad ECU-01 a la incorporación de materia orgánica (MO) en el suelo, usando un cultivo de cobertura con velvet (*Mucuna pruriens* (L.) DC.), se observó que la incorporación de MO proveniente de parcelas con velvet "quemado" (VQ) incrementó en 4% la MO. Todas las parcelas donde se incorporó la MO mostraron mejor producción de caña en promedio (112 TCH), comparado con las parcelas de barbecho (87.3 TCH). 4. La respuesta de la variedad CC85-92 a la fertilización fosforada (41 kg de P_2O_5/ha) en suelos deficientes de este elemento, en segundo tercio de zafra, en el ingenio San Carlos, fue de 215 SAH, a los 12.7 meses. Los fosfatos en los jugos se mantuvieron dentro del rango adecuado, alrededor de 600 ppm. 5. La determinación de la frecuencia y dosis de aplicación de K_2O en la variedad ECU-01, en caña planta, mostró una DOE de 93 kg de K_2O/ha para producir 220 SAH. 6) En ensayos cooperativos con los ingenios auspiciantes, se evaluó el efecto de tres dosis de N y tres de K_2O en las variedades ECU-01, CC85-92 y EC-06, determinándose que las combinaciones120 kg de N + 45 kg de K_2O / ha y 100 kg de N + 90 kg de K_2O /ha, en el ingenio San Carlos, alcanzaron las producciones más altas de azúcar (176 SAH); mientras que, la dosis de 120 kg de N/ha y 45 kg de K_2O/ha en el ingenio COAZÚCAR logró 150 SAH.

EVALUACIÓN DE CLONES PROMISORIOS

Respuesta de los clones EC03-247, ECSP03-404 y EC03-590 a cuatro niveles de N y K_2O en la producción y rendimiento.

El apoyo a la selección de variedades comprende la evaluación de la respuesta de los clones promisorios a la fertilización química, previo a su liberación como nuevas variedades. Tres clones de la serie 2003 se evaluaron en primera soca, en tres localidades, en un diseño de parcela dividida, donde la parcela grande constituyó los clones y en la pequeña se ubicaron siete combinaciones de fertilización: 120 kg de N/ha con 0, 40, 80 y 120 kg de K_2O/ha; y, 80 kg de K_2O/ha con 0, 80 y 160 kg de N/ha.

En el ingenio San Carlos, el ensayo fue sembrado en el lote 064801, suelo B0 (Franco/Franco arcilloso), del subgrupo Fluventic haplustept, orden Inceptisol, pH neutro, contenidos óptimos de fósforo (P) (14.1 ppm) y potasio (K) (0.32 meq/100g), capacidad de intercambio catiónico

(CIC) de 34 meq/100g, contenidos bajos de materia orgánica (MO) y adecuada relación de Ca/Mg (3.0). Los clones fueron estadísticamente diferentes en producción de caña (TCH), producción de azúcar (SAH), azúcares reductores (AR) y % pol en caña (pol %). En esta localidad el clon EC03-590 mostró las mayores producciones de azúcar (235.6 SAH = 11.8 TAH) y caña (102.9 TCH). La dosis de 120 kg de N/ha alcanzó las mayores producciones de caña (110 TCH) para los clones EC03-247 y EC03-590; sin embargo, la tendencia muestra que esta dosis produce un efecto negativo para el clon ECSP03-404 (Figura 35). Las mejores concentraciones de % pol caña se obtuvieron con dosis superiores a 40 kg de K_2O/ha para los clones EC03-247 y EC03-590 (Figura 36).

Todos los clones mostraron las producciones más altas de azúcar (SAH) con el tratamiento 120 + 80 kg/ha de N y K_2O. Las dosis óptimas económicas (DOE), se obtuvieron mediante curvas de regresión cuadrática, y fueron 120 kg/ha de N y 80 de K_2O con respecto a la variable SAH. Para el clon EC03-247 las DOEs obtenidas para N y K_2O fueron 138 y 82 kg/ha, respectivamente. Para el clon ECSP03-404 se alcanzaron rendimientos promedios de 182 SAH con DOEs de 121 de N y 68 kg/ha de K_2O; y, para el clon EC03-590 las DOEs fueron 138 y 82 kg/ha de N y K_2O para obtener 248 SAH (Figura 37). Para el cálculo de las DOEs en todos los experimentos, se usaron precios de fertilizantes registrados en el Ministerio de Agricultura (MAG) y un saco de azúcar blanca de 50 kg (SINAGAP.AGRICULTURA.GOB.EC. 2017).

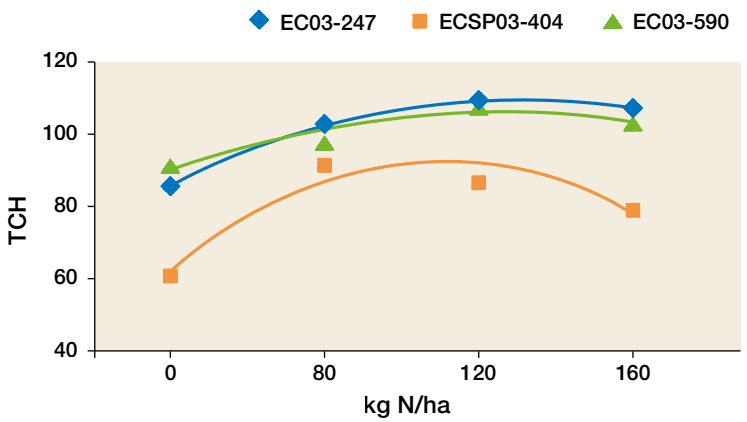


Figura 35. Promedios de producción de caña (TCH) en relación a dosis de fertilizante nitrogenado (kg de N/ha) para tres clones promisorios de la serie 2003, en primera soca, ingenio San Carlos, 2017.

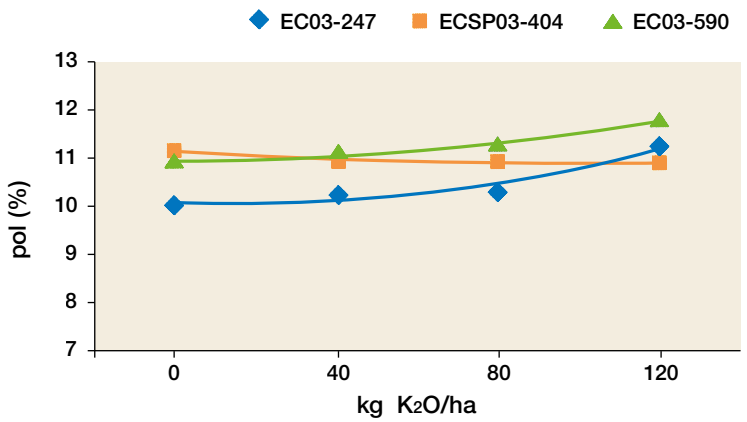


Figura 36. Promedios de pol en caña (%) en relación a dosis de fertilizante potásico (kg de K_2O/ha) para tres clones promisorios de la serie 2003, primera soca, ingenio San Carlos, 2017.

En el ingenio COAZÚCAR el ensayo se ubicó en Valle Verde (A026-080), suelo del orden Inceptisol, subgrupo Typic ustropept, con bajo contenido de MO (2.1%) y pH ligeramente ácido (6.3). Los niveles de P fueron medios con 11.5 ppm y los de K óptimos con 0.38 meq/100 g, con una muy buena CIC (40 meq/100 g). Se sembró en doble hilera y se cosechó a los 12 meses en el segundo tercio de zafra. Al igual que en San Carlos, el clon EC03-590 presentó mayor producción de azúcar (242 SAH) y el más alto % pol caña (10.3). La aplicación de 120 kg de N/ha proporcionó mayor producción de caña en los clones ECSP03-404 y EC03-590; mientras que, el clon EC03-247 muestra una tendencia creciente con mayor dosis de N

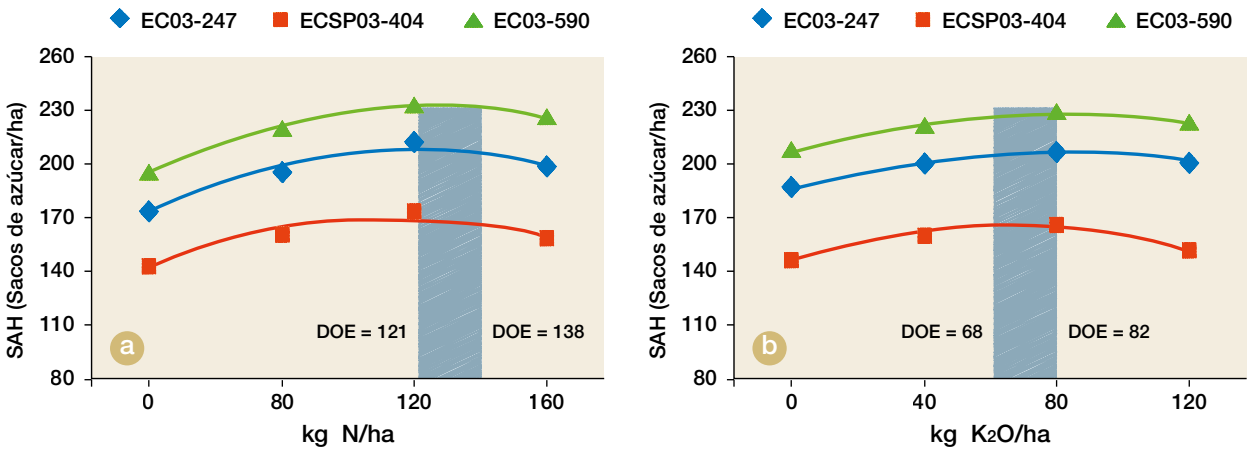


Figura 37. Rangos de dosis óptima económica (DOE) de N y K_2O para producción de azúcar (SAH) de tres clones promisorios (EC03-247, EC03-590 y ECSP03-404), en un suelo Fluventic haplustept, evaluados en primera soca. Ingenio San Carlos, 2017.

(Figura 38). Las dosis de potasio entre 40 y 80 kg de K_2O/ha, en los clones EC03-247 y EC03-590, produjeron las mayores concentraciones de sacarosa aparente como % pol caña (Figura 39).

El clon EC03-247 alcanzó rendimientos de 238 SAH con una DOE de 132 kg/ha de N y 78 kg/ha de K_2O/ha. El clon ECSP03-404 muestra DOEs de 129 y 65 kg/ha de N y K_2O para producir 206 SAH. El clon EC03-590 asimiló una mayor cantidad de nitrógeno y potasio para producir 259 SAH en promedio, con DOEs de 143 y 79 kg/ha de N y K_2O (Figura 40).

En CINCAE (lote 27), se evaluaron los clones en segunda soca en sistema de siembra de surco simple; el suelo es de textura franco-arcilloso, Vertisol (Typic haplustert), MO baja (1.5%) y altas concentraciones de P, Ca y Mg, medio en K y CIC de 29 meq/100g. Igual que en las otras localidades,

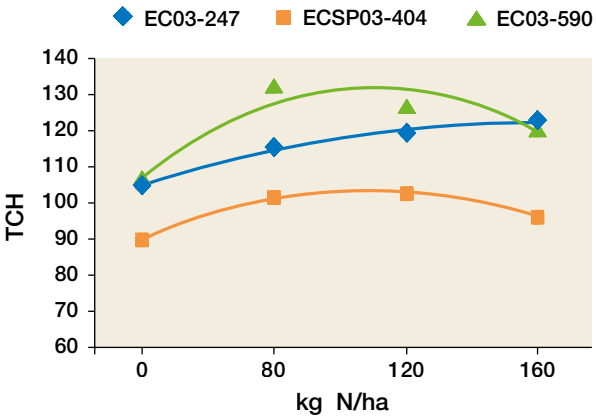


Figura 38. Promedios de producción de caña (TCH) en relación a dosis de fertilizante nitrogenado (kg N/ha) para tres clones promisorios de la serie 2003, en primera soca, ingenio COAZÚCAR, 2017.

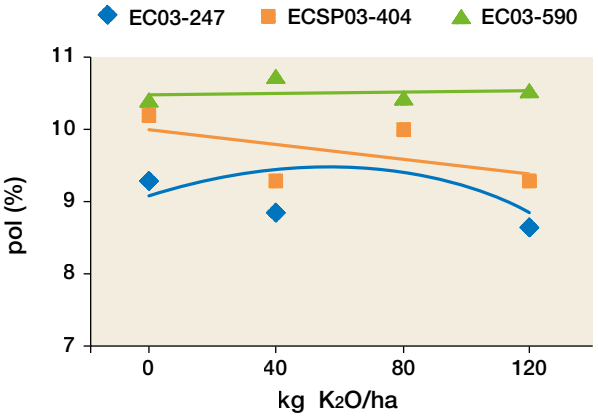


Figura 39. Promedios de % pol caña en relación a dosis de fertilizante potásico (Kg K_2O/ha) para tres clones promisorios de la serie 2003, en primera soca, ingenio COAZÚCAR, 2017.

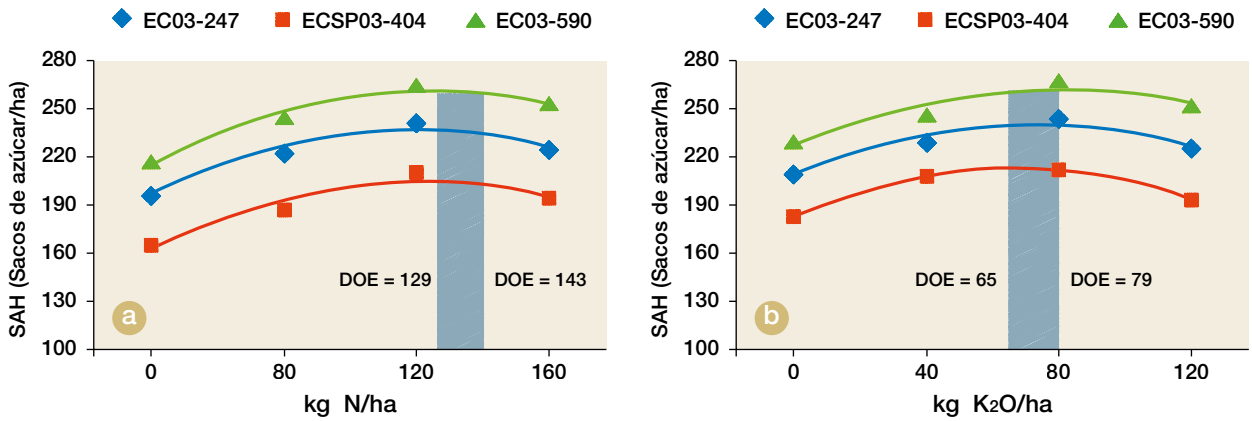


Figura 40. Rangos de dosis óptima económica (DOE) de N (a) y K_2O (b) para producción de azúcar (SAH) de tres clones promisorios (EC03-247, EC03-590 y ECSP03-404), evaluados en primera soca en un suelo Typic ustropept. Ingenio COAZÚCAR, 2017.

el clon EC03-590 presentó alta producción de azúcar (238.9 SAH) y alto pol (11.3%). Las mayores producciones de caña para los clones EC03-247 y EC03-590 se obtuvieron con aplicaciones entre 120 y 160 kg de N/ha; y, el clon ECSP03-404 produjo 106 TCH con una fertilización de 120 kg de N/ha (Figura 41). En esta localidad, los tres clones de la serie 2003 mostraron alto % pol caña con aplicaciones de 80 kg de K_2O/ha, lo cual es conveniente no solamente para la producción de azúcar (Figura 42).

En esta localidad, las DOEs fueron muy cercanas a las otras localidades, que estuvieron entre 124 a 134 kg de N/ha y 84 a 95 kg de K_2O/ha para conseguir las mayores producciones de azúcar (SAH), en segunda soca. El clon EC03-590 mostró nuevamente las más altas producciones de azúcar y las DOEs estimadas fueron de 130 kg de N/ha y 87 kg de K_2O/ha para alcanzar un promedio de 253 SAH.

En todos los ensayos el clon

EC03-590

presentó la mayor producción de azúcar (11.7 TAH), con DOEs entre 124 a 134 kg de N/ha y 80 a 90 kg de K_2O/ha

Respuesta de los clones ECSP04-316 y ECSP04-323 a cuatro niveles de N y K_2O en la producción y rendimiento.

Los clones de la serie 2004 (ECSP04-316 y ECSP04-323), se evaluaron en tres localidades, con un diseño experimental de parcela dividida, donde los clones se ubicaron en la parcela grande y siete combinaciones de dosis crecientes de N y K_2O en la subparcela.

En el ingenio San Carlos (lote 200103), el ensayo se sembró a doble hilera en el sector Zelandia, en un suelo Inceptisol del subgrupo Fluventic haplustept de textura Franco limoso, con contenidos bajos de MO (1.4 %), pH neutro (7.0), baja CIC de 18 meq/100g y con contenidos bajos de P y K (5.6 ppm y 0.13 meq/100g de suelo en promedio). Se detectaron diferencias estadísticas entre clones para todas las variables excepto para producción de caña (TCH). Las más altas producciones de caña y azúcar en los clones se obtuvieron con 120 kg de N/ha más 40 y 80 kg de K_2O/ha. El clon ECSP04-323 mostró la mayor producción de caña (127 TCH), con la dosis de 120 kg de N/ha: y, el clon ECSP04-316 incrementó a 140 TCH con 160 kg de N/ha. Con la dosis de 80 kg K_2O/ha los tres clones evaluados mostraron los mayores contenidos de pol caña. El clon ECSP04-316 presenta alta variabilidad en su contenido de % pol caña.

En el ingenio Valdez (cantero 001-036), el ensayo estuvo en un suelo del orden Inceptisol, subgrupo Fluventic haplustepts, con contenidos bajos de MO

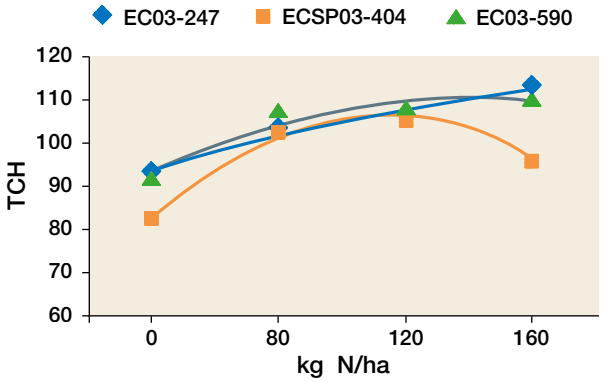


Figura 41. Promedios de producción de caña (TCH) en relación a dosis de fertilizante nitrogenado (Kg N/ha) para tres clones promisorios de la serie 2003, segunda soca, Lote 27. CINCAE, 2017.

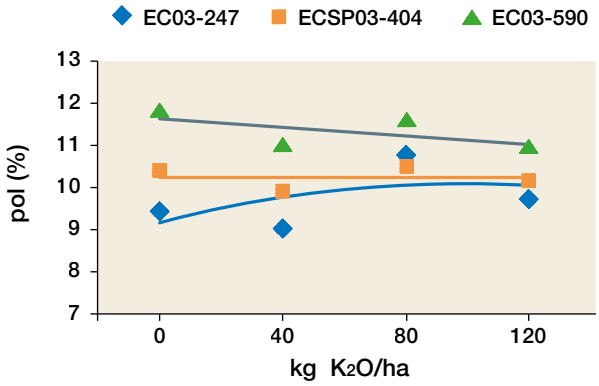


Figura 42. Promedios de % pol caña en relación a dosis de fertilizante potásico (Kg K_2O/ha) para tres clones promisorios de la serie 2003, segunda soca, Lote 27. CINCAE, 2017.

(1.5 %), pH neutro (7.0), CIC de 28 meq/100 g, textura franco y contenidos edáficos bajos de P (5.8 ppm) y K (0.2 meq/100g). Se sembró en el primer tercio de zafra 2016, en hilera simple a 1.6 m de distancia. No se encontraron diferencias estadísticas entre clones para las variables de producción de caña (TCH), % pol y producción de azúcar (SAH). Los promedios de producción de caña muestran que las dosis 120 y 160 kg de N/ha produjeron tonelajes por encima de los 120 TCH en los dos clones en estudio (Figura 43). Las mayores concentraciones de % pol caña se obtuvieron con las dosis cercanas a 80 kg de K_2O/ha.

El tercer ensayo establecido en CINCAE, en julio del 2016 en surco simple a 1.5 m entre surcos, se ubicó en un suelo del orden Vertisol, Typic haplustert, textura franco-arcilloso, MO de 1.5 %, pH 7.0, CIC de 27 meq/100g de suelo, concentraciones de P bajo (10 ppm) y K medio (0.25 meq/100g). El análisis de varianza mostró diferencias significativas para clones en las variables producción de caña (TCH), pol en caña y azúcares reductores. Con aplicaciones de 120 y 160 kg

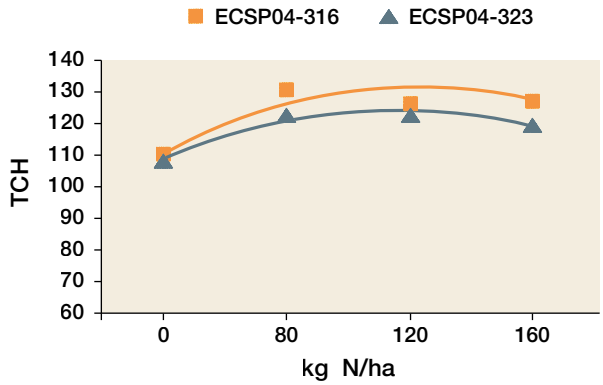


Figura 43. Promedios de producción de caña (TCH) en relación a dosis de fertilizante nitrogenado (Kg N/ha) para dos clones promisorios de la serie 2004, caña planta, ingenio Valdez, 2017.

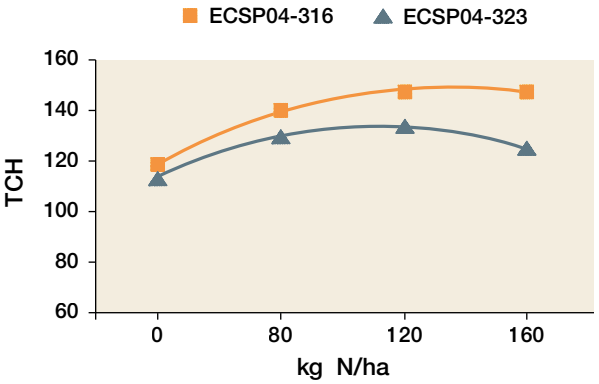


Figura 44. Promedios de producción de caña (TCH) en relación a dosis de fertilizante nitrogenado (kg N/ha) para dos clones promisorios de la serie 2004, caña planta, Lote 21. CINCAE, 2017.

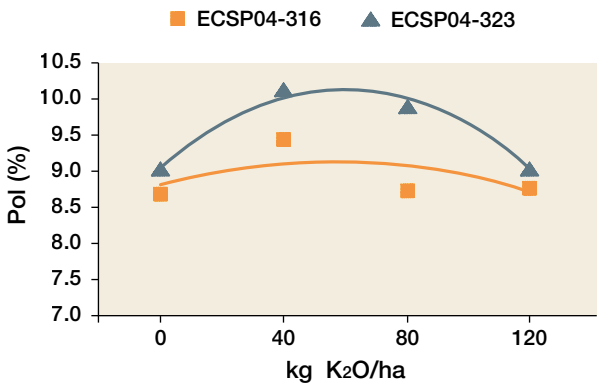


Figura 45. Promedios % pol caña en relación a dosis de fertilizante potásico (kg K_2O/ha) para dos clones promisorios de la serie 2004, caña planta, Lote 21, CINCAE, 2017.

de N/ha, el clon ECSP04-316 produjo más caña (147 TCH); mientras que, para el clon ECSP04-323 las aplicaciones de 120 kg de N/ha produjo 133 TCH (Figura 44). En cuanto a concentración de azúcar medida en % pol caña, los dos clones de la serie 2004 presentaron sus mayores concentraciones con las dosis de 40 a 80 kg de K_2O/ha (Figura 45).

Las curvas de regresión cuadrática mostraron DOEs de 121 y 69 kg/ha de N y K_2O con lo cual se obtiene 259 SAH para el clon ECSP04-316; y, para el clon ECSP04-323 las DOEs fueron 129 y 71 kg/ha de N y K_2O, con 263 SAH en promedio (Figura 46).

RESPUESTA DE LA VARIEDAD EC-02 A DIFERENTES NIVELES DE N Y SISTEMAS DE SIEMBRA.

Este ensayo semicomercial de la variedad EC-02, se realizó en el ingenio San Carlos (lote 070403), caña planta, en un suelo del orden Inceptisol, subgrupo Vertic haplustept, de textura arcillo-limoso, pH prácticamente neutro (6.8), MO baja (<3.0%), buena CIC entre 38 y 44 meq/100 g, P medio (<14 ppm); contenidos de K entre 0.4 a 0.5 meq/100g relación Ca/Mg entre 1.5 a 1.7, aunque bajo en Zn (1.5 ppm). Se evaluaron las dosis de N: 60, 90, 120, 150 y 180 kg/ha con tres repeticiones, en ensayo sembrado en doble hilera y se cosechó a los 13 meses de edad.

Los resultados obtenidos no mostraron diferencias estadísticas entre dosis para las variables estudiadas. La mayor producción de caña (104.4 TCH) y azúcar (266.5 SAH) se logró con el tratamiento de 150 kg N/ha. La DOE fue 145 kg de N/ha, con lo cual se alcanzarían 102.6 TCH y 264 SAH en caña planta (Figura 47).

La concentración foliar de N en la hoja TVD+1, a los tres meses de edad estuvo en 2.2% y a los seis meses bajó a 1.8%. Asimismo, el K bajó su concentración en 3.0%, entre los tres y seis meses. Para inferir sobre la producción de azúcar a los tres meses se usó un análisis de regresión cuadrática entre las concentraciones foliares de N y los porcentajes relativos de producción en

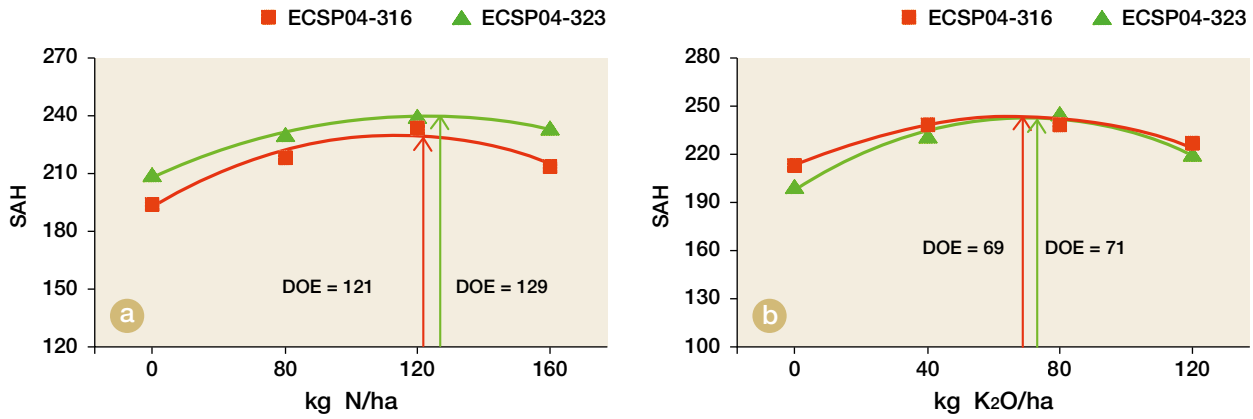


Figura 46. Dosis óptima económica (DOE) de N (a) y K_2O (b) para producción de azúcar (SAH) de los clones promisorios ECSP04-316 y ECSP04-323, en un suelo del orden Vertisol, Typic haplustert, evaluado en caña planta, en CINCAE, 2017.

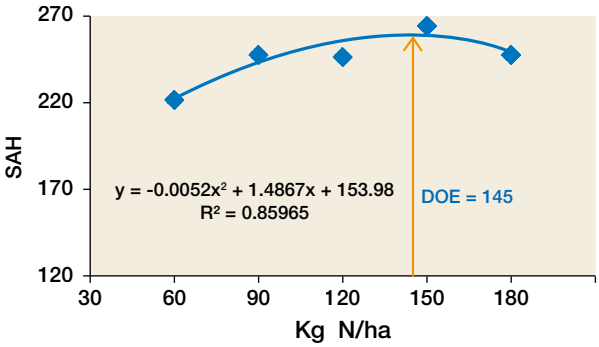


Figura 47. Dosis óptima económica (DOE) de N para la producción de sacos de azúcar por hectárea (SAH) con la variedad EC-02, en un suelo Vertic haplustept, en siembra a doble hilera, caña planta. Ingenio San Carlos (070403), 2017.

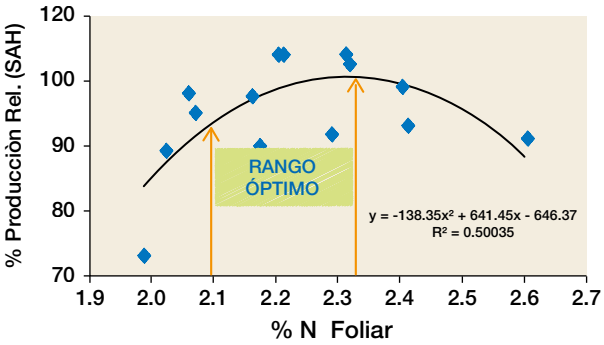


Figura 48. Porcentaje relativo de producción de azúcar (SAH) en la variedad EC-02, caña planta, a los tres meses de edad, basados en porcentaje de N foliar. Ingenio San Carlos, 2017.

SAH. Basados en el nivel superior de la curva de rendimiento sobre el 90%, se obtiene el rango óptimo de 2.1 a 2.3% N foliar, con el cual se obtendrían las mejores producciones de azúcar (SAH) en caña planta (Figura 48).

EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA (MO) USANDO VELVET (*Mucuna pruriens*, (L.) DC.) PARA MEJORAR LOS CONTENIDOS DE NITRÓGENO EN EL SUELO.

La hipótesis de este estudio fue que la siembra e incorporación de velvet (*Mucuna pruriens* (L.) DC.) incrementa el contenido de materia orgánica (MO) en el suelo y reduce el uso de fertilizante nitrogenado sintético, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Este experimento se realizó con la variedad ECU-01 en el lote 22 de CINCAE, en un suelo del orden Vertisol subgrupo Typic haplustert, de textura franca. El análisis inicial del suelo mostró bajo contenido de MO (1.45%), CIC de 25.9 meq/100 g, pH 6.4, contenidos medio de P (11.4 ppm) y K_2O (0.31meq/100 g). Para el análisis estadístico se usó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial A x B + 2; donde, A es incorporación de dos maneras del velvet al suelo: velvet "quemado" (VQ) con una aplicación de glifosato antes de la formación de vainas y material verde de velvet (VSQ) de cuatro meses de edad (Figura 49). El factor B constituye las dosis reducidas porcentualmente de la fertilización

Figura 49. Parcelas con velvet (*Mucuna pruriens* (L.) DC.) "quemado" con herbicida (VQ) y velvet sin quemar (VSQ). CINCAE, 2017.

nitrogenada básica (FNB) (125 kg de N/ha), de tal manera que los niveles fueron: 25% de la FNB (31 Kg de N/ha), 50% FNB (63 kg de N/ha) y 75% FNB (94 kg de N/ha), más dos testigos: Barbecho + 0 kg de N/ha y Barbecho + 125 kg de N/ha. Tanto el VQ como el VSQ se incorporaron durante la preparación del terreno. La unidad experimental se conformó por siete surcos de 15 m de largo a 1.5 m de distancia. En todos los tratamientos se aplicaron 30 kg de P_2O_5/ha y 80 kg de K_2O/ha como complemento de fertilización en caña planta.

En el estudio sobre la respuesta de la variedad **ECU-01** a la incorporación de

materia orgánica (MO)

en el suelo, usando un cultivo de cobertura con **velvet (*Mucuna pruriens*)**, se observó que la incorporación de velvet quemado con herbicida incrementó en 4% la MO.

El análisis de varianza para la incorporación de Velvet (A), dosis de fertilización (B) y su interacción no mostraron diferencias estadísticas significativas en las variables población de tallos a los seis meses, TCH, % pol caña y SAH a la cosecha. Sin embargo, si se observaron diferencias estadísticas cuando se comparó el promedio de todos los tratamientos con incorporación de velvet frente al promedio de los testigos, aumentando la producción de caña y rendimiento de azúcar. Los tratamientos con incorporación mostraron mayor población de caña de azúcar, 112 TCH y 234.3 SAH, comparados con los dos testigos (87.3 TCH y 197.9 SAH) (Figura 50). Además, la incorporación de velvet "quemado" y la aplicación de 63 kg N/ha mostró una población de nueve tallos/m; mientras que, los testigos llegaron solamente a ocho. El contenido azucarero en % pol caña, fue ligeramente mayor (11.2%) en los testigos, frente al 10.7% pol caña en el tratamiento mencionado, con producciones de caña y azúcar de 116 TCH y 252 SAH.

Entre los muestreos del suelo antes de la siembra del velvet (ASV) y después de la cosecha (DC), se observó un incremento del 0.14% en MO en las parcelas con velvet "quemado" (VQ), que significó un 4.0% de incremento de la MO; mientras que, en los tratamientos donde se incorporó el velvet sin quemar y el barbecho (incluye material vegetal espontáneo), el incremento fue únicamente 0.06 y 0.1%, respectivamente (Figura 51).

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFORADA (P) EN CAÑA PLANTA Y DOS SOCAS SOBRE LOS NIVELES PRODUCTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS.

La variabilidad de suelos y de sus contenidos de fósforo (P) dedicados al cultivo de la caña de azúcar, hacen necesario estudiar la respuesta sobre la producción y rendimiento de la caña de azúcar a dosis de fertilizante fosforado. Este ensayo se inició en 2015 con la variedad CC85-92, sembrada a doble hilera, en un suelo del orden Inceptisol, Fluventic haplustept, cuyo análisis

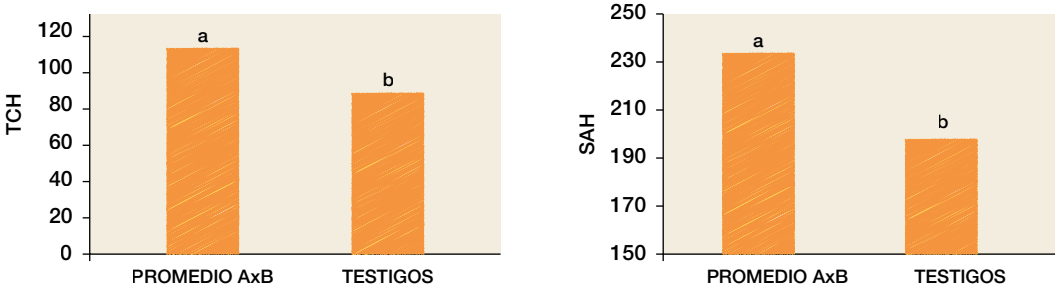


Figura 50. Promedios de producción de caña (TCH) (izq.) y sacos de azúcar por hectárea (SAH) (der.) de los tratamientos con incorporación de velvet más dosis reducida de N (AxB) y testigos (Barbecho más fertilización 0 y 125 kg de N/ha) en la variedad ECU-01, caña planta. CINCAE, 2017.

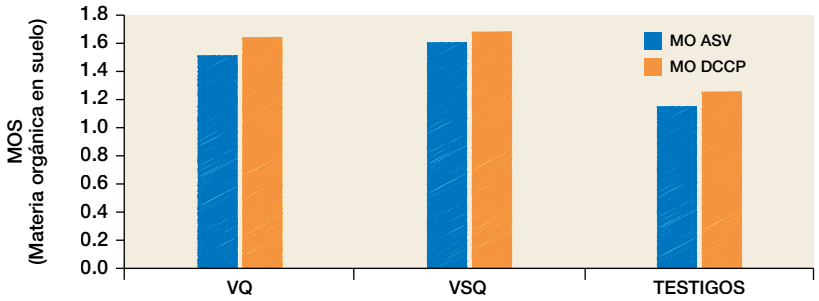


Figura 51. Contenido de materia orgánica en el suelo (MOS) antes de la siembra de velvet (ASV) y después de la cosecha de caña planta (DCCP), en los tratamientos de velvet "quemado" (VQ), "sin quemar" (VSQ) y barbechos (testigos). CINCAE, 2017.

químico mostró un pH de 7.5, MO de 2.0 %, CIC de 23 meq/100g de suelo y concentraciones bajas de P (5.5 ppm) y K (0.11 meq). La cosecha de la caña planta se realizó en octubre de 2016 y de inmediato se fertilizó usando la dosis del ingenio (141 kg N/ha + 90 kg K_2O/ha). Para este estudio, en primera soca, se adicionó en el centro de la cepa, al mes de la cosecha, una dosis de mantenimiento de 23 kg de P_2O_5/ha a todos los tratamientos aplicados en caña planta (25, 50, 75, 100 y 125 kg de P_2O_5/ha), a excepción del testigo absoluto.

Los análisis de varianza para las variables población de tallos (seis meses), TCH y SAH no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Sin embargo, mediante el análisis de regresión cuadrática se determinó que la DOE para el fósforo en la variedad CC85-92 fue 41 kg de P_2O_5/ha, con una producción de 215 SAH a los 12.7 meses. En cambio, en caña planta la DOE fue 55 kg de P_2O_5/ha para producir 280 SAH a los 13.9 meses. La extracción del fósforo por parte del cultivo fue 0.22 kg de P/TC, equivalente a 45 kg de P_2O_5/ha con una producción de 90.1 TCH en primera soca, valor muy cercano a la DOE para SAH. La concentración de fosfato en los jugos, desde los 10 meses hasta la cosecha varió entre 400 y 600 ppm, valores que no afectarían en la clarificación de los jugos, según indica Larrahondo, 1995. Estos valores corroboran la necesidad de adicionar al suelo fertilizante fosforado, especialmente en suelos deficientes del elemento.

EFECTO DE FRECUENCIAS DE APLICACIÓN Y DOSIS DE K_2O EN LA VARIEDAD ECU-01.

Siendo el potasio (K) un elemento necesario para los procesos fisiológicos de acumulación de sacarosa en la caña de azúcar, es importante evaluar la respuesta varietal a la aplicación de distintas dosis. Este ensayo con la variedad ECU-01, sembrada en primer tercio se ubicó en un suelo Vertisol (Typic haplustert), de textura franca, 0.8 % de MO, pH 7.2, CIC de 28 meq/100g de suelo, concentraciones bajas de P (5.3 ppm) y medias de K (0.21 meq/100g). La unidad experimental estuvo constituida por cinco hileras simples sembradas a 1.5 m entre surcos y 15 m de largo. Se probaron dosis crecientes de K_2O (0, 30, 60, 90 y 120 kg/ha) y se efectuó una aplicación general de 125 kg de N/ha + 30 kg/ha de P_2O_5.

Las variables de producción y rendimiento no mostraron diferencias estadísticas entre las dosis de K_2O; los promedios de producción de los tratamientos aplicados, variaron entre 104.3 a 112 TCH y de 204.6 a 218.5 SAH; mientras que, el tratamiento testigo produjo 100.4 TCH y 189.2

Larrahondo, J. E. *et al*. 1995. Calidad de la caña de azúcar (en línea). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. CENICAÑA. Cali, Valle del Cauca, Colombia. Consultado marzo 2018. Disponible en http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p337-354.pdf.

Cuadro 5. Promedios de población de tallos/m a los seis meses de edad, producción de caña (TCH), % pol caña (Pol), azúcares reductores (AR), fibra y rendimiento de azúcar (SAH) en la variedad ECU-01 con diferentes niveles de K_2O, caña planta, cosechada a los 13.2 meses. CINCAE, 2017.

Dosis K_2O (kg/ha)	N° Tallos/m	TCH	Pol (%)	AR (%)	Fibra (%)	SAH
0	8.8	100.4	9.4	1.07	14.4	189.2
30	8.7	104.3	9.8	1.04	14.7	204.6
60	9.2	112.0	9.5	1.05	14.8	214.2
90	9.0	110.0	9.9	1.03	14.2	218.1
120	8.7	104.5	10.5	0.93	14.7	218.5
C.V. (%)	6.9	7.9	13.7	30.8	6.6	15.9

C.V.=Coeficiente de variación; TCH=Toneladas de caña /ha; SAH=Sacos de azúcar de 50 kg/ha; AR=Azúcares reductores.

SAH (Cuadro 5). La regresión cuadrática permitió determinar una DOE de 87 kg de K_2O/ha para producir 222 SAH (Figura 52).

EFECTO DE TRES DOSIS DE N Y K_2O EN EL RENDIMIENTO AZUCARERO DE VARIEDADES COMERCIALES EN SUELOS CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE POTASIO.

Debido a que en los últimos años se ha observado una baja acumulación de sacarosa en la caña de azúcar en todas las variedades comerciales, con rendimientos azucareros que no superaron el 10% pol caña, se coordinó con los ingenios auspiciantes realizar ensayos cooperativos para determinar el efecto de dosis de N y K_2O en el contenido de azúcar. Para ello, se seleccionaron lotes con suelos representativos de bajos contenidos de K edáfico y libres de aplicaciones de vinaza. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo factorial A x B; donde A, son las dosis de N (100, 120 y 140 kg/ha) y B, las dosis de K_2O (0, 45 y 90 kg/ha). En el ingenio COAZÚCAR se adicionó el tratamiento de 160 kg de N/ha y 160 kg de K_2O/ha (A x B + 1)

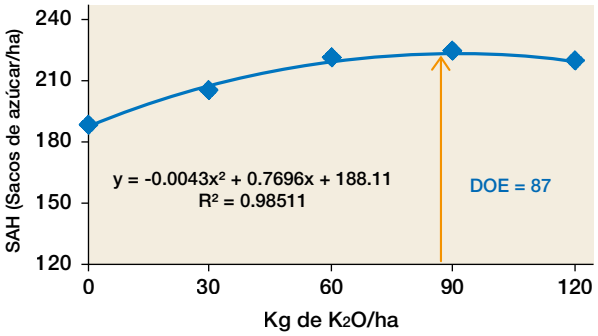


Figura 52. Producción de azúcar (SAH) y dosis óptima económica (DOE) de K_2O en la variedad ECU-01, caña planta. CINCAE, 2017.

Se establecieron tres ensayos en el ingenio San Carlos, el primero de ellos con la variedad ECU-01, en un suelo del orden Inceptisol (lote 090402), Fluventic haplustept, con pH 6.9, MO baja (2.2%) y concentraciones consideradas bajas de fósforo y potasio (5 ppm y 0.19 meq/100g), y buena relación Ca/Mg (3.3). Este ensayo se cosechó a los 12.3 meses de edad y los resultados mostraron únicamente diferencias estadísticas para la variable

% pol caña, dentro de las dosis de N, entre 100 y 120 kg de N/ha. El segundo ensayo sembrado en un suelo del orden Vertisol, Vertic haplustert (lote 062603), variedad CC85-92, en segundo tercio de zafra y cosechado a los 12.4 meses, tampoco presentó diferencias estadísticas significativas en ninguna variable. Un tercer ensayo se realizó con la variedad EC-06, cosechada al inicio de tercer tercio, en el lote 031004, en un suelo del orden Inceptisol, Fluventic haplustept, pH ligeramente alcalino (7.6), baja concentración de MO con 2.5% y 0.07 meq K/100g; alto contenido de P (34 ppm) y buena relación Ca/Mg (3.0). En este ensayo la dosis de 120 kg de N/ha produjo 227.9 SAH y la dosis de 45 kg de K_2O/ha alcanzó 224.7 SAH (Cuadro 6).

En el ingenio COAZÚCAR de suelo del orden Inceptisol, Fluventic ustropept, textura franco arcilloso, pH de 6.7, baja MO (1.4 %), contenidos medios de P (13 ppm) y K (0.24 meq /100g), relación Ca/Mg de 3.1 y CIC de 20 meq/100g, el ensayo tuvo baja producción de caña y azúcar y el porcentaje de cenizas en jugo estuvo por debajo del valor referencial (4%). La dosis de 45 kg K_2O/ha presentó una producción de azúcar de 141 SAH y la extracción total, fue de 2.7 kg K/TC a los 11.6 meses de edad. La dosis adicional de 160 kg/ha de N y K_2O (fertilización del ingenio) y la dosis de 120 N + 45 K_2O kg/ha fueron similares en producción de azúcar (149.5 SAH).

Cuadro 6. Promedios de población de tallos/m a los seis meses, producción de caña (TCH), % pol caña (Pol), azúcares reductores (AR), potasio en jugo (K), Cenizas Conductimétricas (Cen. Cond.) y producción de azúcar por hectárea (SAH), en los factores N y K_2O, en la variedad EC-06 evaluada en primera soca. Ingenio San Carlos (031004), 2017.

Dosis		N° Tallos/m	TCH	Pol (%)	AR (%)	K (%)	Cen. Cond. (%)	SAH
N	100	14.3	92.1	11.4	0.52	0.12	3.36	209.2
	120	14.2	96.6	11.8	0.47	0.11	3.07	227.9
	140	14.6	92.2	11.6	0.44	0.11	3.22	214.8
K_2O	0	14.6	90.9	11.3	0.58	0.11	3.00	205.8
	45	14.1	95.4	11.8	0.42	0.12	3.32	224.7
	90	14.4	94.7	11.7	0.42	0.12	3.33	221.3
	C.V. (%)	9.0	14.6	7.5	39.0	15.3	13.1	17.9

C.V.=Coeficiente de variación; TCH=Toneladas de caña /ha; SAH=Sacos de azúcar de 50 kg/ha; AR=Azúcares reductores.

LABORATORIO QUÍMICO

Bolívar Aucatoma G.
Tanya Guillén P.
Karina Fajardo V.
Gladys Solís M.

RESUMEN

El Laboratorio Químico procesó y analizó 10,543 muestras en matrices de caña, tejido vegetal, suelos, subproductos (cenizas, cachaza, vinaza, etc.), fertilizantes y aguas, totalizando 69,341 determinaciones analíticas. También, se obtuvieron tres materiales de referencia internos (MRI) homogéneos y estables en matrices de suelos de los órdenes Inceptisol (MRI1), Entisol (MRI2) y Vertisol (MRI3), provenientes de los ingenios Valdez, San Carlos y COAZÚCAR, respectivamente, en los elementos fósforo, potasio, calcio y magnesio, con valores asignados y su respectiva incertidumbre asociada. Se evaluaron en la Red de Laboratorios de Análisis de Suelos del Ecuador (RELASE), tres muestras de suelos para cuantificar los elementos fósforo, potasio, calcio y magnesio. En todos los parámetros, en las tres muestras se confirmó la calidad de los resultados del laboratorio de CINCAE calificando como satisfactorios. En otro aspecto, con la participación de los laboratorios de control de calidad de los tres ingenios y de CINCAE se conformó el Comité de Laboratorios de Análisis de la Industria Azucarera (CLAIA), que se planteó como objetivo estandarizar los métodos de análisis de calidad de la caña. Se inició determinando pol, brix y azúcares reductores (AR) en matrices de jugo de caña, encontrándose que los coeficientes de variación interlaboratorios fueron de 1.1; 0.4 y 26.0%, respectivamente. Los dos primeros parámetros obtuvieron valores muy cercanos a cero lo cual es un indicador de buena exactitud de los resultados; mientras que, la determinación de AR mostró un valor alto, lo que muestra que existen diferencias significativas entre los resultados que reporta cada laboratorio. Al respecto, el comité determinó la necesidad de realizar otras intercomparaciones en AR, para lo cual se evaluaron otras soluciones estándares y muestras de jugos de caña. Además, el laboratorio colaboró en los ensayos cooperativos donde se evaluaron los madurantes Moddus y Glifosato, las muestras se analizaron por cromatografía líquida (HPLC) de los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa.

ANÁLISIS DEL LABORATORIO

Análisis físico químico

Se procesaron y analizaron 10,543 muestras de caña de azúcar, suelos y tejido vegetal, realizándose 69,341 determinaciones analíticas (Cuadro 7). Del total de muestras analizadas, el 87% corresponden a ensayos de investigación de CINCAE y el 13% como servicio de análisis a los ingenios Valdez, COAZÚCAR y San Carlos; cañicultores asociados; y, las empresas SODERAL, SAPAG, ECOHARMONY, ESPOL, FITOSAN, PRIMOBANANO y GAMAUNIÓN.

Aseguramiento de la calidad de los resultados: pruebas interlaboratorios.

El laboratorio participó en un ensayo interlaboratorios en muestras de suelos, organizado por la Red de Laboratorios de Análisis de Suelos del Ecuador (RELASE), con la participación de ocho laboratorios públicos y privados. Se analizaron tres muestras de suelos en los parámetros fósforo, potasio, calcio y magnesio con el extractante Olsen Modificado, y se obtuvieron coeficientes de variación entre 4.7 a 17.9%, menores a 20% estipulado por la Red como máximo para aceptar como normalizado a cada parámetro; es decir, los cuatro parámetros de las tres muestras están normalizados. Para evaluar el desempeño la Red utiliza el estadístico “z-score” que evalúa la media de cada laboratorio en relación al valor asignado (promedio interlaboratorios) y la

Cuadro 7. Tipos de análisis, número de muestras, determinaciones analíticas y parámetros analizados en muestras procedentes de CINCAE y de prestación de servicios, 2017.

Tipo de análisis	CINCAE		SERVICIOS		Parámetros
	Número de muestras	Determinaciones analíticas	Número de muestras	Determinaciones analíticas	
Tejido vegetal	1,676	14,904	826	6,926	**Contenido total:** N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, B y S
Suelos	626	10,323	529	5,541	**Extractante-Olsen Modificado:** P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn. **Extractante-acetato de amonio:** Na, K, Ca y Mg. **Extractante-fosfato de calcio:** B y S. **Extractante-Bray II:** Fósforo. **Extractante-cloruro de potasio:** Acidez hidrolítica y cambiable, aluminio y pH. **Dilución suelo-agua (1:2,5):** Fósforo, conductividad eléctrica, pH. **Digestión ácida:** Materia orgánica, nitrógeno total. **Método del hidrómetro:** Clase textural
Fertilizantes	-	-	31	68	**Contenido total:** N, P, K, Ca, Zn, B y S
Subproductos	20	306	27	520	**Extractante-Olsen Modificado:** P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn. **Extractante-acetato de amonio:** Na, K, Ca y Mg. **Dilución suelo-agua (1:2,5):** Conductividad eléctrica, pH. **Digestión ácida:** P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn, nitrógeno total y Materia orgánica.
Caña	6,801	30,708	6	30	Brix, pol, fibra, humedad y azúcares reductores, K, P y Cenizas conductimétricas
Aguas	-	-	1	15	**Sólidos disueltos totales** **Dureza, cloruros, sulfatos y carbonatos** **Conductividad eléctrica y pH.** **Contenido total:** P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn.
TOTAL	9,123	56,241	1,420	13,100	

desviación estándar poblacional. Valores absolutos de z se califican de acuerdo a la siguiente escala: menor o igual a 2=satisfactorio, mayores a 2 y menores de 3=cuestionable y mayor o igual a 3=no satisfactorio. El laboratorio Químico de CINCAE calificó como satisfactorio en los parámetros evaluados de P, K, Ca y Mg en las tres muestras.

Obtención de tres materiales de referencia internos de suelos de los órdenes Inceptisol, Entisol y Vertisol, con extractante Olsen Modificado en los elementos P, K, Ca y Mg.

En el establecimiento de un método de análisis físico-químico se deben evaluar entre otros parámetros estadísticos, su precisión y exactitud. La precisión involucra la repetitividad y reproducibilidad de los resultados, debiéndose controlar las condiciones del análisis, tales como: reactivos, temperatura, mantenimiento y calibración de equipos, capacitación de analistas, etc., a lo largo del tiempo. La exactitud es un término que está asociado al valor considerado como verdadero para lo cual se utilizan materiales de referencia certificados (MRCs) y/o pruebas interlaboratorios. Estos MRCs no siempre están disponibles en el mercado y las pruebas interlaboratorios dependen mucho de la homogeneidad de los laboratorios participantes, lo que dificulta conseguir la normalización de los resultados; para ello, un laboratorio puede optar por crear sus materiales de referencia internos (MRIs)

En el Laboratorio Químico de CINCAE se prepararon tres materiales de referencia internos, tomando en cuenta los tipos de suelos más representativos de los ingenios auspiciantes: Valdez, de un suelo del orden Inceptisol (cantero 001-024) (MRI1), San Carlos del orden Entisol (lote 023210) (MRI2) y en COAZÚCAR del orden Vertisol (Agriflorsa A017-210) (MRI3). Las muestras se tomaron entre 0 a 30 cm de profundidad y se procesaron en el laboratorio antes de realizar las pruebas de homogeneidad. Para cada MRI, la muestra se dividió en 100 submuestras, de ellas se tomaron 14 al azar y se realizaron los análisis de los elementos fósforo, potasio, calcio y magnesio en seis días diferentes. Los resultados se evaluaron usando el test estadístico de Cochran (C) al 95% de probabilidad. Los MRI 1 y MRI 3 no mostraban diferencias en los cuatro elementos; mientras que, en el MRI 2 se detectaron diferencias significativas únicamente para magnesio.

Las muestras de suelos MRI1, MRI2 y MRI3 se enviaron a través de la coordinación de RELASE a los laboratorios miembros para su respectivo análisis en los elementos fósforo, potasio, calcio y magnesio con el extractante Olsen Modificado. En base a los valores asignados para las pruebas de exactitud de los promedios obtenidos en cada uno, con un valor que representa el 100% en las pruebas de recuperación, los resultados de CINCAE obtuvieron datos entre 94 y 112% de recuperación.

El Laboratorio Químico procesó y analizó

10,543 muestras

de caña, tejido vegetal, suelos, subproductos (cenizas, cachaza, vinaza), fertilizantes y aguas.

Transcurridos seis meses desde el primer análisis, se procedió nuevamente a analizar los elementos fósforo, potasio, calcio y magnesio en las 14 submuestras utilizadas en el análisis de homogeneidad de los tres MRI. Al comparar una media con un valor tomado como conocido (pruebas de homogeneidad) a través del estadístico "*t*", no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los elementos, en los tres materiales. Los resultados de las mediciones de las curvas de calibración, las incertidumbres de los estándares y de las calibraciones de materiales y equipos, permitieron determinar las incertidumbres de cada MRI, que conjuntamente con los resultados de 84 repeticiones realizadas en la determinación de homogeneidad, se obtuvo el valor de referencia para cada parámetro con su incertidumbre asociada (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valor asignado e incertidumbre asociada para materiales de referencia internos en suelos (MRI) obtenidos en Laboratorio Químico. CINCAE, 2017.

Parámetros	Material de referencia interno		
	MRI1	MRI2	MRI3
Fósforo (P)[1/]	12.07 ± 1.00[3/]	30.98 ± 2.40	5.59 ± 0.58
Potasio (K)[2/]	0.38 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.28 ± 0.03
Calcio (C)[2/]	17.89 ± 0.98	15.18 ± 0.87	10.58 ± 1.00
Magnesio (Mg)[2/]	6.26 ± 0.46	4.25 ± 0.27	3.58 ± 0.28

[1/]= ppm; [2/]= meq.100g^{-1}; [3/]= Valor asignado ± Incertidumbre; MRI1= Inceptisol; MRI2= Entisol; MRI3=Vertisol.

Como resultado de este estudio se obtuvieron tres MRIs (MRI 1, MRI 2 y MRI 3) que se muestran estables por más de un año, con precisiones y exactitudes adecuadas en los cuatro parámetros evaluados. Los coeficientes de variación estuvieron alrededor de 5% y los porcentajes de recuperación entre 90 a 110%, en 10 de los 12 casos, lo cual es considerado adecuado para este tipo de matriz y las concentraciones estimadas. Estos MRI son usados en control de calidad de los análisis de suelos efectuados en CINCAE.

COMITÉ DE LABORATORIOS DE ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA AZUCARERA (CLAIA)

Este Comité se conformó el 13 de junio del 2017 y está integrado por los jefes de laboratorios de control de calidad en fábrica de los ingenios San Carlos, Valdez y COAZÚCAR; laboratorio de campo de San Carlos y el laboratorio Químico de CINCAE (Figura 53). El propósito fundamental de este comité es la estandarización de los métodos de análisis de calidad de la caña. Los primeros parámetros evaluados fueron pol, brix y azúcares reductores (AR) en matrices de jugo de caña determinados por polarimetría, refractometría y el método de Lane Eynon. El laboratorio Químico de CINCAE preparó una muestra de jugo de caña, y envió aproximadamente 1 litro a cada uno de los laboratorios para su análisis, solicitando realizar seis repeticiones. En la Figura 54, se presentan los resultados por laboratorio, cuya media general estuvo entre 14.8% pol caña, 17.4% brix caña y 1.5% azúcares reductores (AR), los coeficientes de variación fueron 1.1, 0.4 y 26.0%, respectivamente.

A partir de estos resultados se decidió efectuar nuevas pruebas para analizar AR. En la primera se prepararon dos soluciones en concentraciones de 0.19 (S1) y 0.95% (S2) en peso, empleándose glucosa y fructosa grado analítico; y, en la segunda se envió una solución de 1.20% (S3) en peso y una muestra de jugo de caña. En ambos casos, el laboratorio Químico de CINCAE preparó y envió las muestras con cinco repeticiones. Los resultados de la primera prueba se presentan en el Cuadro 9. En la solución 1, el promedio general fue 0.17% y en la solución 2 fue 0.83%. Al utilizar la prueba estadística de Q-Dixon a 95% de probabilidad para

Figura 53. Reunión del Comité de Laboratorios se Análisis de la Industría Azucarera (CLAIA). CINCAE, 2017.

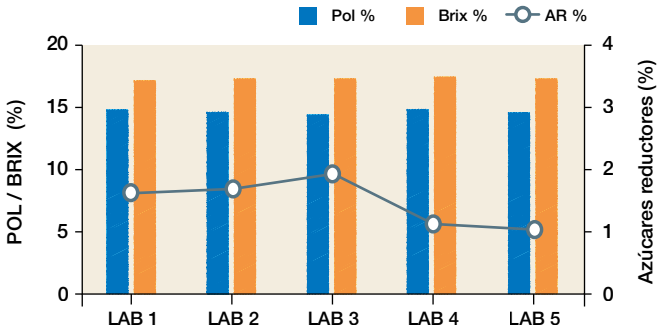


Figura 54. Promedios de % pol, % brix y % azúcares reductores (AR) en muestras de jugo de caña de azúcar reportados en las pruebas inter-laboratorios de CLAIA. 2017.

rechazo de datos anómalos, se eliminó el resultado del laboratorio 4 en la solución 1. Para la solución 1 se obtuvieron porcentajes de recuperación entre 85 a 93% y en la solución 2 entre 82 a 91%. Para este tipo de concentraciones se considera como recuperaciones apropiadas entre 90 a 110%, por lo que se debe seguir evaluando y reajustando las metodologías en casi todos los laboratorios, para mejorar la recuperación.

En cuanto a los coeficientes de variación dentro de cada laboratorio para las dos soluciones estuvieron entre 0.0 a 5.7%, los mismos que son considerados con buena precisión. Los coeficientes de variación interlaboratorios reportaron valores de 4.2 y 4.1, en la solución 1 y 2, respectivamente. Estos son considerados buenos, ya que en otras matrices y parámetros alcanzan valores alrededor de 20%, esto se debe a que los laboratorios están trabajando con las mismas metodologías, lo que permitió obtener resultados comparables.

En la segunda prueba se obtuvo un promedio de 0.97% de AR para la solución 3, con coeficientes de variación dentro de laboratorios entre 0.5 a 3.7%, porcentajes de recuperación entre 73 al 90% y coeficiente de variación interlaboratorios de 8.4%. El promedio de AR del análisis del jugo de caña fue 0.46%, con coeficientes de variación dentro de laboratorios entre 1.1 a 3.4% y coeficiente de variación interlaboratorios de 10% (Cuadro 10).

Los resultados de estas intercomparaciones muestran que el coeficiente de variación del análisis de AR disminuyó en el jugo de caña de 26 al 10%, resultando efectivas las acciones que tomaron los laboratorios en base a los resultados obtenidos con soluciones

Cuadro 9. Promedios de azúcares reductores (AR) en soluciones de referencia entre los laboratorios de CLAIA y SODERAL. Noviembre, 2017.

Laboratorios	Solución 1 (S1)			Solución 2 (S2)		
	A.R. (%)	CV[1/] (%)	Recuperación (%)	A.R. (%)	CV[1/] (%)	Recuperación (%)
LAB-1	0.17	0.0	91	0.85	0.6	90
LAB-2	0.16	3.5	86	0.80	1.3	84
LAB-3	0.18	5.7	93	0.83	5.1	87
LAB-4	0.26*	0.0	-	0.84	2.6	88
LAB-5	0.16	2.8	85	0.78	2.1	82
LAB-6	0.18	2.2	93	0.87	1.3	91
Promedio	0.17			0.83		
CV[2/] (%)	4.2			4.1		

CV=Coeficiente de variación, [1/]= Dentro de laboratorio; [2/]= Entre laboratorios; * Valor rechazado por Q de Dixon al 90%; Solución 1 = Solución de referencia 0,19% AR; Solución 2 = Solución de referencia 0,95% AR.

Cuadro 10. Promedios de azúcares reductores (AR) obtenidos en una solución de referencia y muestra de jugo de caña en prueba de intercomparación entre los laboratorios de CLAIA y SODERAL. Diciembre, 2017.

Laboratorios	Solución 3 (S3)			Jugo de caña	
	A.R. (%)	CV[1/] (%)	Recuperación (%)	A.R. (%)	CV[1/] (%)
LAB-1	1.04	1.1	87	0.51	1.1
LAB-2	1.07	0.5	89	0.46	1.5
LAB-3	0.96	2.4	80	0.44	3.4
LAB-4	0.91	1.7	76	0.40	1.4
LAB-5	0.87	3.7	73	0.51	2.3
LAB-6	1.08	3.0	90	0.46	1.0
Promedio	0.97			0.46	
CV[2/] (%)	8.4			10.0	

CV=Coeficiente de variación, [1/]= Dentro de laboratorio; [2/]= Entre laboratorios;
Solución 3 = Solución de referencia 1.20% AR.

estándares, no obstante se debe mejorar en la recuperación ya que se obtuvieron valores entre 73 y 90% cuando lo idóneo es aproximarse significativamente a 100% de recuperación.

CUANTIFICACIÓN DE SACAROSA Y AZÚCARES REDUCTORES (AR) EN CAÑA DE AZÚCAR EN ENSAYO DE MADURANTES EN LA VARIEDAD ECU-01, CON MUESTREO NO DESTRUCTIVO.

Con el objetivo de determinar si el muestreo no destructivo y el análisis por cromatografía líquida (HPLC) es eficiente para evaluar la fluctuación del contenido de sacarosa en caña, el laboratorio participó de un ensayo cooperativo entre CINCAE y los ingenios donde se probaron los productos Moddus y Glifosato como madurantes en comparación al testigo sin aplicación. Este ensayo se realizó en el ingenio San Carlos con la variedad ECU-01, y el muestreo se hizo en forma no destructiva mediante el uso del punzón (Figura 55). El experimento se inició a los 11.5 meses de edad del cultivo y las muestras se tomaron antes de la aplicación del Moddus y a las 3, 7 y 9 semanas después. El Glifosato se aplicó tres semanas después de la aplicación del Moddus.

Figura 55. Toma de muestra del jugo de la caña con punzón en la parte media del tallo, en la variedad ECU-01. Ingenio San Carlos.

Cuadro 11. Promedio de sacarosa y azúcares reductores (AR) antes de la aplicación y a las 3, 7 y 9 semanas después de la aplicación de Moddus y Glifosato.

Tiempo desde inicio (semanas)	Moddus[1/]		Glifosato[2/]		Testigo	
	Sacarosa (%)	AR (%)	Sacarosa (%)	AR (%)	Sacarosa (%)	AR (%)
0	16.77	0.32	17.43	0.32	16.99	0.47
3	16.79	0.57	15.68	0.57	16.56	0.68
7	17.26	0.61	16.57	0.61	18.23	0.52
9	17.61	0.57	19.62	0.57	17.63	0.75

[1/]= Se aplicó en la semana cero; [2/]= Se aplicó en la semana tres.

Para el muestreo se seleccionaron y marcaron las cepas y tallos en los cuales se tomaron las muestras en las cuatro fechas de evaluación. Se tomaron dos submuestras de aproximadamente 1 ml por parcela, de la parte media de tres tallos primarios. Para evitar el deterioro después de cada incisión se desinfectó con una solución de amonio cuaternario a 1% y se selló con parafina. Las muestras se colocaron en una hielera y se llevaron inmediatamente al laboratorio para su análisis. La determinación de las concentraciones de sacarosa y azúcares reductores (glucosa y fructuosa) se hizo por cromatografía líquida de alta presión (HPLC).

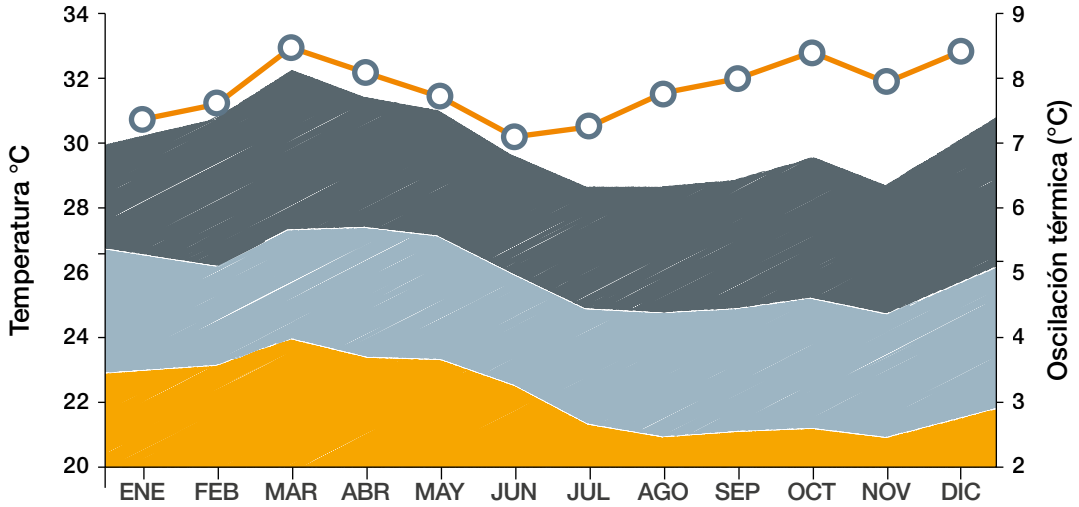
Las muestras de jugo de caña fueron preparadas y analizadas con un cromatógrafo líquido marca Agilent Technologies modelo 1260 Infinity con detector de índice de refracción, obteniéndose los contenidos de sacarosa, glucosa y fructosa. La suma de éstos dos últimos se considera como el contenido de AR. El contenido de sacarosa se incrementó en 0.64, 0.84 y 2.19% con relación al contenido inicial, en el testigo, moddus y glifosato, respectivamente. Sin embargo, analizando los valores finales, sólo con la aplicación de glifosato se obtuvo mayor concentración de sacarosa en relación al testigo (Cuadro 11). Esta metodología de muestreo no destructiva y análisis por HPLC podría ser una alternativa para el estudio de madurantes, pero deberá compararse con el sistema tradicional que utilizan los ingenios para determinar su factibilidad de uso.

Producción
de caña y azúcar en la costa ecuatoriana

El clima

El promedio mensual de la temperatura máxima, varió entre 29.7 y 32.4°C de enero a junio y, la temperatura mínima osciló de 22.6 a 24.0°C. Las temperaturas máximas fueron menores en alrededor de 2°C a las registradas en 2016, en este semestre. A partir de julio, hasta diciembre, la temperatura máxima se redujo y fluctuó entre 28.7 y 30.2 °C y las mínimas alcanzaron promedios de 20.9 a 21.8°C. La oscilación térmica varió entre 7.1 y 8.5°C en todo el año (Figura 56).

Al analizar los climogramas integrados con los promedios de precipitaciones, heliofanía y temperatura media de cuatro estaciones meteorológicas de los ingenios auspiciantes, en el ingenio San Carlos (Figura 57) en los meses de enero a marzo se registraron promedios de heliofanía menores a 2 horas sol/día, entre mayo y junio superaron las 3 horas sol/día, y entre agosto y diciembre se redujo drásticamente a promedios menores a 2 horas/día. La precipitación en los meses de febrero, marzo y abril sobrepasaron los 600 mm/mes; mientras que, en mayo se redujo a 421 mm y en junio a sólo 12 mm. Las temperaturas medias oscilaron alrededor de los 27°C en el primer semestre y bajaron a partir de junio con promedios menores a 26°C hasta noviembre. En el ingenio COAZÚCAR (Figura 58), mostraron promedios bajos de heliofanía durante todo el año comparando con lo indicado para San Carlos, con apenas una hora/día durante los meses de junio, julio y agosto y en los meses de septiembre a diciembre de sólo 40 minutos de brillo solar en promedio/día. Estas condiciones podrían ser un factor para el crecimiento lento de la caña y los bajos tonelajes obtenidos en este año. Las estaciones meteorológicas de Banatel (Figura 59)



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMP. MÁXIMA	30,4	30,8	32,4	31,5	31,1	29,7	28,7	28,7	29,1	29,7	28,8	30,2
TEMP. MEDIA	26,6	26,2	27,4	27,4	27,1	26,0	25,0	24,7	25,0	25,4	24,7	25,9
TEMO. MÍNIMA	23,0	23,2	24,0	23,4	23,3	22,6	21,4	20,9	21,1	21,3	20,9	21,8
OSCIL. TÉRMICA	7,4	7,6	8,5	8,1	7,7	7,1	7,3	7,8	8,0	8,4	7,9	8,4

Figura 56. Promedios mensuales de temperaturas máximas, media y mínima de las estaciones meteorológicas de los ingenios COAZÚCAR, Valdez y San Carlos, y hacienda Banatel. 2017.

y Valdez (Figura 60), muestran mejores promedios de heliofanía diarios, pero menores a los registrados en años anteriores. La temperatura media en las cuatro estaciones estuvo en apenas 24.3°C en promedio, menor a los 26.7°C observadas en 2016.

Producción de caña y azúcar

El inicio de la zafra de este año no fue igual en los tres ingenios y se dio con cierto retraso entre junio y julio, debido a la prolongación del periodo de lluvia hasta el mes de mayo. La edad promedio de corte estuvo entre 12.6 y 13.3 meses, lo que significa que el corte se inició con muy poca caña rezagada.

El promedio de producción de caña (TCH) en esta zafra fue 77.2 TCH, siendo inferior al 2016 que llegó a 100 TCH, favorecido por la caña rezagada que quedó de la zafra del 2015. El promedio de producción de caña mensual de los tres ingenios fue 6 TCH/mes, promedio superior al del 2016 (5.5 TCH), cuyo promedio de corte fue 15.4 meses, debido a las 20,000 ha de caña rezagada cosechadas a inicio de la zafra 2016. En la zafra 2017, el rendimiento azucarero en kilogramos de azúcar/tonelada caña molida (KATC) fue 87 KATC, tanto en caña propia como de cañicultores. La producción promedio de sacos de azúcar de 50 kg/ha (SAH) fue 128.8 para los cañicultores, es decir, 9.8 SAH/mes; y, para los ingenios con caña propia produjeron 127.7 SAH, con 9.9 SAH/mes (Cuadros 12, 13 y 14).

En esta zafra se cosecharon 71,419.9 ha, totalizando una producción de 5,176,652 toneladas de caña molidas, lo que permitió alcanzar una producción de 479,052 TM de azúcar. La información de FENAZÚCAR, muestra que los ingenios pequeños de Ecuador produjeron: Miguel Angel 12,500; IANCEM, 29,212; Monterrey, 28,162 y San Juan, 12,000 TM de azúcar. El total de producción de azúcar en la zafra 2017 llego a 560,926 TM de azúcar.La cosecha mecanizada en los tres ingenios, incluyendo cañicultores, sigue en aumento, cubriendo el 57.6% en COAZUCAR, 55.2% en San Carlos y 71.8% en Valdez. A nivel de

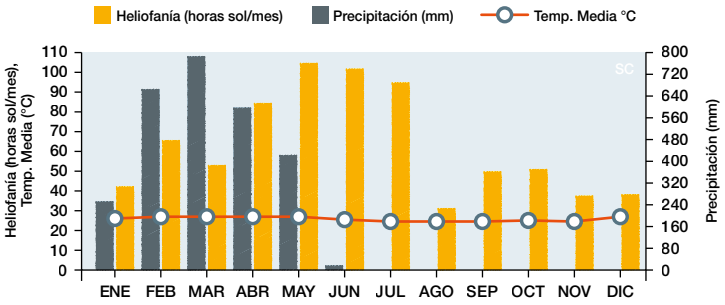


Figura 57. Promedios mensuales de precipitación (mm), heliofanía (horas brillo solar) y temperatura media (°C). Estación meteorológica del ingenio San Carlos. 2017.

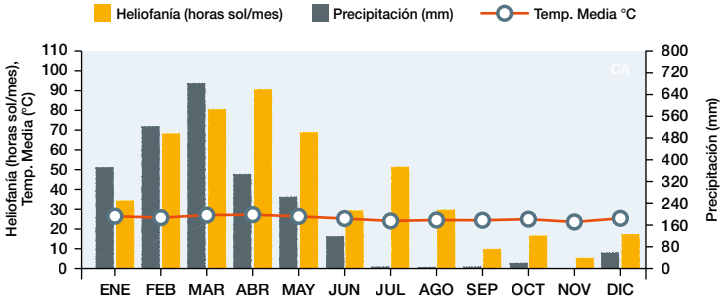


Figura 58. Promedios mensuales de precipitación (mm), heliofanía (horas brillo solar) y temperatura media (°C). Estación meteorológica La Troncal del ingenio COAZÚCAR. 2017.

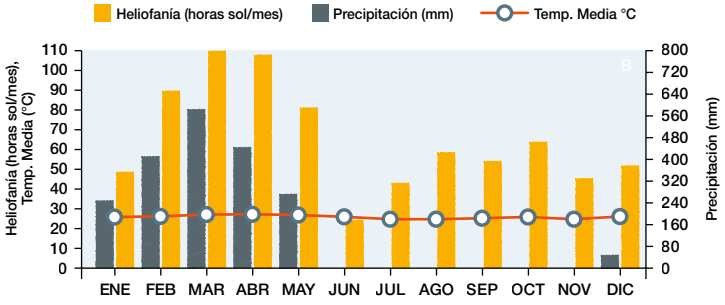


Figura 59. Promedios mensuales de precipitación (mm), heliofanía (horas brillo solar) y temperatura media (°C). Estación meteorológica de Banatel. 2017.

los ingenios se reporta 94% de corte mecanizado en sus plantaciones.

En cuanto a las variedades, siete de las ocho variedades entregadas por CINCAE se encuentran en producción comercial (Figura 61). La variedad ECU-01, ocupó en esta zafra 10,166 ha. en canteros de caña propia de los tres ingenios más grandes y 2,182 ha. en campos de cañicultores (Figura 62). La variedad más sembrada en Ecuador es CC85-92, tanto en ingenios como en cañicultores, con 32,916 ha.

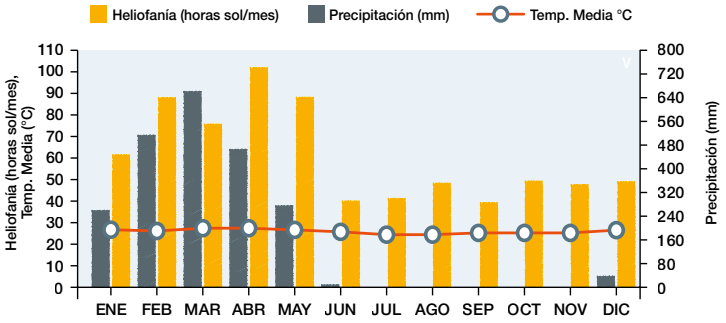


Figura 60. Promedios mensuales de precipitación (mm), heliofanía (horas brillo solar) y temperatura media (°C). Estación meteorológica del ingenio Valdez. 2017.

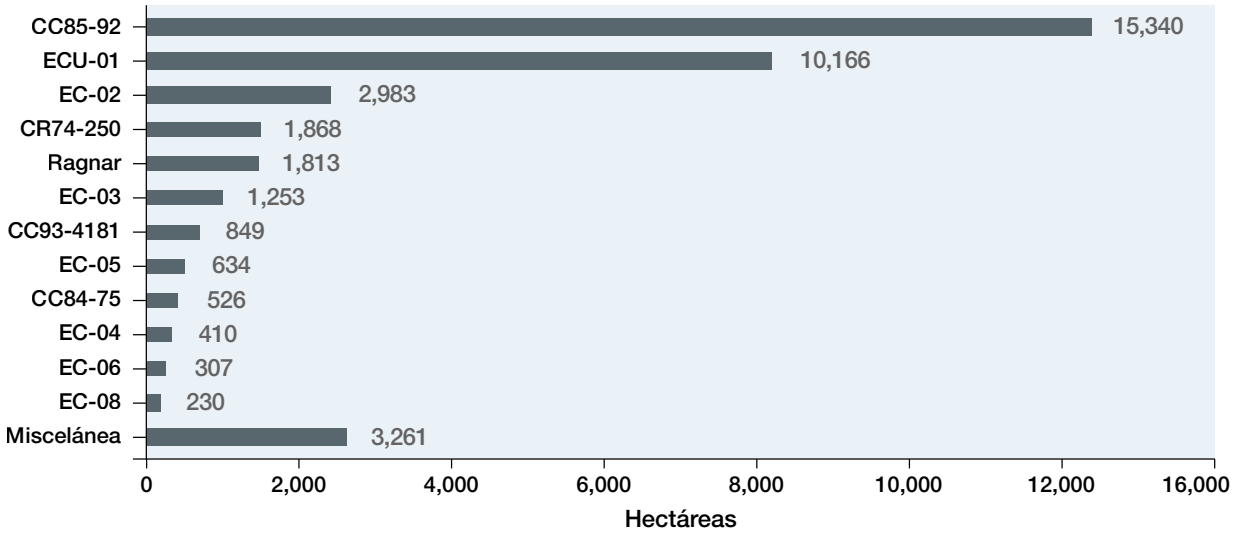


Figura 61. Área total cosechada (ha) de las principales variedades de caña de azúcar en los ingenios San Carlos, Valdez y COAZÚCAR. Zafra 2017.

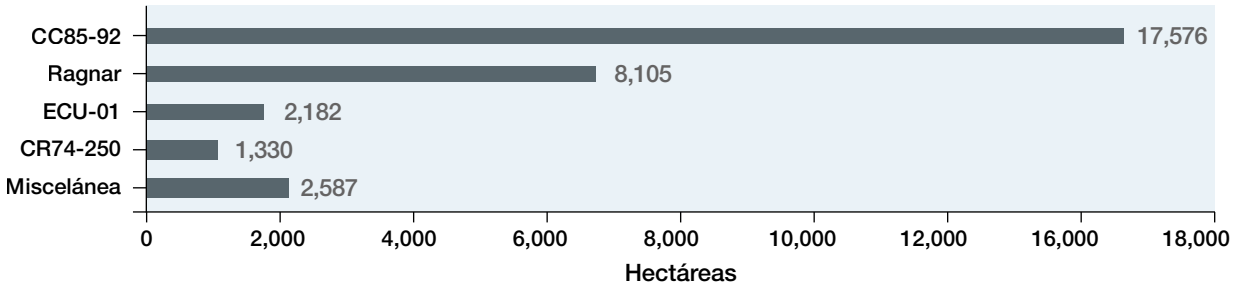


Figura 62. Total de hectáreas cosechadas de las principales variedades de caña de azúcar en cañicultores de los ingenios San Carlos, Valdez y COAZÚCAR. Zafra 2017.

Cuadro 12. Área cosechada (ha), edad de corte (meses), corte mecanizado (%), producción de caña (TCH), rendimiento azucarero (KATC) y producción de azúcar (SAH) de las principales variedades de caña de azúcar en el ingenio COAZÚCAR. 2017.

	Variedad	Área cosechada (ha)	Edad corte (meses)	Corte Mecánico (%)	TCH	TCH/mes	KATC	SAH	SAH/mes
COAZÚCAR	CC85-92	5,281.2	13.8	59.9	76.8	5.6	82.4	124.1	9.0
	Ragnar	2,069.4	14.0	53.2	65.7	4.7	87.7	113.9	8.2
	Miscelánea	1,796.6	13.1	62.2	69.0	5.3	85.3	116.6	8.9
	ECU-01	292.0	13.1	54.5	71.1	5.4	88.0	125.7	9.6
	CR74-250	170.5	17.8	57.1	87.4	4.9	67.0	111.4	6.3
	EC-02	48.0	12.5	87.5	89.9	7.2	68.1	119.8	9.6
	EC-04	47.5	12.1	75.0	101.1	8.3	75.9	150.0	12.4
	Cañicultor	**9,705.2**	**13.8**	**57.6**	**71.9**	**5.2**	**84.6**	**119.5**	**8.7**
	CC85-92	5,812.0	12.8	91.1	74.5	5.8	93.8	138.7	10.9
	ECU-01	4,842.3	12.6	88.6	64.6	5.1	91.3	117.1	9.3
	Miscelánea	1,594.3	13.2	81.7	66.3	5.0	88.3	116.7	8.8
	EC-02	1,103.3	13.7	80.4	68.9	5.0	91.1	124.9	9.1
	Ragnar	714.3	13.5	92.9	67.3	5.0	92.7	123.2	9.1
	C87-51	165.8	12.1	90.0	60.6	5.0	88.1	106.4	8.8
	EC-04	129.7	14.2	100.0	73.7	5.2	83.9	124.2	8.8
	EC-07	117.9	12.7	75.0	80.0	6.3	89.8	142.9	11.3
	EC-05	77.8	14.8	75.0	92.3	6.2	85.6	154.7	10.4
	EC-03	39.5	12.9	100.0	87.2	6.8	98.1	171.0	13.3
	Ingenio	**14,596.7**	**12.9**	**88.1**	**69.6**	**5.4**	**91.7**	**126.9**	**9.8**
	TOTAL	**24,301.9**	**13.3**	**75.4**	**70.6**	**5.3**	**88.7**	**123.8**	**9.3**

Cuadro 13. Área cosechada (ha), edad de corte (meses), corte mecanizado (%), producción de caña (TCH), rendimiento azucarero (KATC) y producción de azúcar (SAH) de las principales variedades de caña de azúcar en el ingenio Valdez. 2017.

	Variedad	Área cosechada (ha)	Edad corte (meses)	Corte Mecánico (%)	TCH	TCH/mes	KATC	SAH	SAH/mes
VALDEZ	CC85-92	4,793.5	12.5	76.5	80.2	6.4	80.3	112.0	8.9
	Ragnar	3,187.2	12.7	67.5	74.5	5.9	85.4	113.4	8.9
	ECU-01	1,841.2	12.4	72.5	81.8	6.6	79.2	114.0	9.2
	Miscelánea	564.1	12.4	70.5	76.0	6.1	81.4	112.2	9.0
	CR74-250	240.3	12.4	88.5	68.9	5.5	76.4	90.6	7.3
	EC-02	106.5	12.6	69.2	95.3	7.5	79.6	148.6	11.8
	EC-03	25.1	12.3	64.3	76.8	6.2	87.6	128.3	10.4
	Cañicultor	**10,757.9**	**12.6**	**71.8**	**77.6**	**6.2**	**82.4**	**112.9**	**9.0**
	ECU-01	3,712.3	12.4	99.2	74.2	6.0	80.9	108.3	8.7
	CC85-92	2,717.2	12.4	97.9	75.8	6.1	82.3	101.9	8.2
	EC-02	872.1	12.6	95.7	84.7	6.7	78.5	116.6	9.3
	EC-05	246.5	12.7	100.0	83.5	6.6	87.2	143.5	11.3
	EC-03	243.5	12.6	100.0	76.7	6.1	83.5	116.1	9.2
	Ragnar	139.6	13.1	93.8	76.1	5.8	91.3	110.5	8.4
	EC-04	128.6	12.4	94.1	79.7	6.4	77.4	125.3	10.1
	Miscelánea	118.6	12.7	98.6	88.7	7.0	83.7	140.2	11.0
	EC-06	2.0	10.5	100.0	69.8	6.7	108.0	150.8	14.4
	Ingenio	**8,180.5**	**12.5**	**98.1**	**77.7**	**6.2**	**81.8**	**111.8**	**8.9**
	TOTAL	18,938.4	12.6	80.1	77.6	6.2	82.2	112.6	9.0

Cuadro 14. Área cosechada (ha), edad de corte (meses), corte mecanizado (%), producción de caña (TCH), rendimiento azucarero (KATC) y producción de azúcar (SAH) de las principales variedades de caña de azúcar en el ingenio San Carlos. 2017.

	Variedad	Área cosechada (ha)	Edad corte (meses)	Corte Mecánico (%)	TCH	TCH/mes	KATC	SAH	SAH/mes
SAN CARLOS	CC85-92	7,501.5	13.1	55.9	87.5	6.7	89.0	155.1	11.8
	Ragnar	2,848.2	13.3	52.1	86.8	6.5	88.1	152.0	11.4
	CR74-250	919.5	12.7	62.9	89.8	7.0	88.0	156.7	12.3
	ECU-01	49.1	11.9	66.7	85.6	7.2	92.2	158.1	13.3
	Cañicultor	**11,318.2**	**13.1**	**55.2**	**87.4**	**6.6**	**88.6**	**154.2**	**11.7**
	CC85-92	6,810.3	12.9	95.6	79.1	6.1	93.3	146.7	11.4
	CR74-250	1,868.4	13.0	96.9	83.4	6.4	90.3	149.2	11.5
	ECU-01	1,611.9	13.0	95.8	86.2	6.6	89.5	153.1	11.8
	EC-02	1,007.5	12.9	96.7	79.9	6.2	90.5	143.3	11.1
	EC-03	969.6	13.3	97.0	72.5	5.5	91.7	132.6	10.0
	Ragnar	959.1	13.3	97.4	63.0	4.7	91.3	114.5	8.6
	Miscelánea	878.8	13.3	96.6	87.8	6.6	87.3	152.0	11.5
	CC93-4181	848.7	13.5	98.1	79.1	5.9	95.5	151.3	11.2
	CC84-75	526.1	12.8	98.4	66.7	5.2	87.1	115.2	9.0
	EC-05	309.3	13.2	97.8	78.9	6.0	93.2	145.6	11.0
	EC-06	304.5	13.1	94.0	88.0	6.7	89.0	157.7	12.1
	EC-08	229.8	13.7	100.0	92.1	6.7	87.2	161.8	11.8
	CC93-4418	195.1	12.8	91.2	66.2	5.2	83.5	108.3	8.5
	CC01-1228	169.4	13.0	90.9	97.4	7.5	91.6	174.9	13.4
	EC-04	151.3	14.3	100.0	70.8	5.0	85.6	121.6	8.5
	EC-07	21.6	13.0	100.0	105.1	8.1	85.6	179.1	13.8
	Ingenio	**16,861.4**	**13.0**	**96.3**	**79.6**	**6.1**	**91.4**	**144.4**	**11.1**
	TOTAL	**28,179.6**	**13.1**	**77.5**	**83.2**	**6.4**	**90.1**	**148.9**	**11.4**

Capacitación y Transferencia de Tecnología

Visita ensayos ingenio COAZÚCAR

Resultados ensayos de madurantes

Visita de estudiantes secundarios

Casa Abierta por los 20 años de CINCAE

Taller de manejo sobre plagas y enfermedades - San Carlos

Entrenamiento a técnicos de AGROCALIDAD

FECHA	EVENTO	LUGAR	ASISTENTES/ CONTACTO	No. PARTICIPANTES
23-03 ENE FEB	Pasantía y entrenamiento en Manejo de plagas en caña de azúcar.	CINCAE	• Ing. Feliz Cruz • Ingenio Valdez	25
05 ABR	Visita estudiantes posgrado Universidad de Florida-Gainesville	CINCAE	• Dra. Amanda Hodges • Ing. Lisbeth Espinoza	23
05 ABR	Presentación y discusión de los ensayos de homologación de los métodos de análisis de la calidad de caña en pre-cosecha	CINCAE	• Comité de Laboratorios y Calidad de Caña	11
18 ABR	Análisis y entrega de informe anual de CINCAE	CINCAE	• Técnicos de ingenios azucareros	74
17-28 ABR	Visita Técnica a CENICAÑA	Cali Colombia	• Dra. Carolina Avellaneda	1
19 MAY	Universidad de las Américas, Biotecnología de caña de azúcar	CINCAE	• Coordinador: Fernando Rivas	24
31 MAY	Taller sobre desinfección herramientas de corte	Ingenio COAZÚCAR	• Técnicos del ingenio • Coordina: Dra. Carolina Avellaneda	40
09 JUN	Reunión sobre cultivo de la caña de azúcar con técnicos del MAG	CINCAE	• Ing. Viviana Ruiz • Ing. Diana Andrade	2
13 JUN	Reunión para definir los parámetros del proyecto de homologación de métodos de análisis de la industria azucarera	CINCAE	• Técnicos de laboratorios de los Ingenios y CINCAE	9
13 JUN	Taller de Manejo sobre Plagas y Enfermedades	Ingenio COAZÚCAR	• Técnicos del ingenio	25
14 JUN	Taller de Manejo sobre Plagas y Enfermedades	Ingenio San Carlos	• Técnicos del ingenio	120
15 JUN	Taller de Manejo sobre Plagas y Enfermedades	Ingenio Valdez	• Técnicos del ingenio	78

FECHA	EVENTO	LUGAR	ASISTENTES/ CONTACTO	No. PARTICIPANTES
21 JUN	Reunión Comité de Variedades sobre plan de actividades	CINCAE	• Técnicos de ingenios	18
27 JUN	Visita estudiantes Universidad Agraria del Ecuador Ext. El Triunfo	CINCAE	• Ing. Mónica Muzón Quintana, Coordinadora	28
28 JUN	Visita estudiantes Universidad Agraria del Ecuador	CINCAE	• Dr. Armando Vega Coordinador	35
30 JUN	Visita estudiantes del la Universidad Central de Quito	CINCAE	• Dr. Hector Andrade Coordinador	28
05 JUL	Capacitación y revisión fitosanitaria (Manchas foliares)	CINCAE	• José A. Peralta	1
13 JUL	Visita de estudiantes de la Univ. Estatal de Guayaquil	CINCAE	• Ing. Laura Paris Moreno Coordinadora	17
14 JUL	Visita de estudiantes de la Univ. Estatal de Guayaquil	CINCAE	• Ing. Laura Paris Moreno Coordinadora	36
21 JUL	El control biológico, un componente básico en los programas MIP: Casos broca del café y barrenador del tallo caña de azúcar	Universidad Téc. Estatal de Quevedo Fac. de Ciencias Agrarias	• Expositor: Ing. Jorge Mendoza	80
14 AGO	Formación del comité de Laboratorios y propuesta para establecer parámetros inter-laboratorios	CINCAE	• Dr. Bolívar Aucatoma • Jefes de Laboratorios de ingenios	7
17 AGO	Introducción a la tecnología infrarroja (NIR)	CINCAE	• Expositor: Ing. Felix Andrade • Técnicos de laboratorios ingenios y CINCAE	15
17 AGO	Análisis de los cambios de la norma ISO 9001:2015	CINCAE	• Expositor: Tec. Karina Fajardo • Personal de CINCAE	15

FECHA	EVENTO	LUGAR	ASISTENTES/ CONTACTO	No. PARTICIPANTES
19-26 AGO	Capacitación sobre manejo de plagas, Estación Experimental Obispo Colombres	Tucumán, Argentina	• Ing. Patricia Gómez	1
19-26 AGO	Capacitación sobre marcadores moleculares y expresión de genes, Estación Experimental Obispo Colombres	Tucumán, Argentina	• Ing. Alexandra Gómez	1
24 AGO	Visita Lab. Químico con estudiantes Universidad de Babahoyo	CINCAE	• Coordinador: Ing. Javier Saltos M.	32
24 AGO	Vista Laboratorio de Fitopatología	CINCAE	• Ricardo Hidalgo	1
24 AGO	Vista de estudiantes de la Univ. Agraria del Ecuador	CINCAE	• Coordinador: Jungling Zárate	30
24 AGO	Presentación de resultados de la primera Ronda Intercomparación del Comité de Laboratorios de Análisis de Industria Azucarera (CLAIA)	CINCAE	• Técnicos de laboratorios de los Ingenios y CINCAE	9
04 SEP	Charla sobre Fisiología de la producción de cultivos. Exp. Dr. Ramón Jaime	CINCAE	• Técnicos de CINCAE e ingenios auspiciantes	28
08 SEP	Visita técnica: Insectos barrenadores y defoliadores de la caña. Ing. Jorge Mendoza	Hacienda La Rafica	• José A. Peralta • Jairo Cherrez	2
11 SEP	Curso de Auditores Internos del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2015	CINCAE	• Auditores Internos CINCAE	8
11 SEP	Charla sobre biotecnología agrícola. Exp. Dra. Ma. Mercedes Roca	CINCAE	• Técnicos de IICA, CINCAE e ingenios	36
15 SEP	Curso Teórico práctico de Especrofotometría Ultravioleta-Visible	Quito	• Tec. Gladys Solís	1
02-06 OCT	Capacitación sobre manejo de semileros sanos, Estación Experimental Obispo Colombres	Tucumán, Argentina	• Ing. Ignacio Viteri	1

FECHA	EVENTO	LUGAR	ASISTENTES/ CONTACTO	No. PARTICIPANTES
04 OCT	Reunión Convenio CINCAE-AGROCALIDAD	CINCAE	• Javier Villalba, Olga Barba Maritza Ortiz, Simón Farah • Personal CINCAE	8
06 OCT	Capacitación interactiva sobre el sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015 del CINCAE	CINCAE	• Personal técnico y administrativo	17
19 OCT	Revisión datos de *perkinsiela* y meteorológicos	CINCAE	• Técnicos de AGROCALIDAD Diego Portalanza, Simon Farah • Personal CINCAE	5
26 OCT	Asesoramiento en finca sobre Manejo de *Perkinsiella*	Agrícola Santa María	• Alex Olsen • Nestor Fajardo • William Suárez	3
09 NOV	Diagnóstico de plagas en caña de azúcar	Finca "Rancho Lasso"	• Juan Manuel Bohórquez Castro	1
15-16 NOV	Entrenamiento a técnicos de AGROCALIDAD en Entomología y Fitopatología	CINCAE	• Marjorie Pluas, Diana Garcia, Tatiana Jalka, Diego Benites, Leonardo Cardenas, Silvia Zambarano, Alvaro Manzano, Imelda Felix, Walter Moya, Ma. Fernanda Pincay, Braulio Cedeño, Kelvin Arias, Simón Farah	13
14-17 NOV	Curso teórico práctico de Cromatografía de Gases	Quito	• Tec. Karina Fajardo • Ing. Quím. Tanya Guillén	2
17 NOV	Entrenamiento y observación en estéreo-microscopio	U. Educativa Sra. del Quinche	• Miguel Herrera	1
17 NOV	Visita de estudiantes del Colegio "Escuelas de Enseñanza Ecuador"	CINCAE	• Coordinador: Felton Sanango Briones	28
22 NOV	Casa abierta CINCAE	CINCAE	• Técnicos de ingenios, cañicultores, estudiantes, etc.	405
29 NOV	Taller de análisis de resultados de los ensayos de Ethrel y Moddus	CINCAE	• Técnico de ingenios auspiciantes y CINCAE	32

Publicaciones realizadas por **CINCAE**

Aucatoma, B. 2017. Elaboración y caracterización de un material de referencia interno de suelos para los macro elementos P, K, Ca y Mg extraídos con Olsen Modificado para análisis de suelos cañeros del orden inceptisol, entisol y vertisol de la cuenca baja del río Guayas. Tesis de Maestría. ESPOL, Guayaquil, Ecuador. 73 p.

CINACE. 2017. Los primeros 20 años del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador - CINCAE. Carta Informativo No. 19. 24 p.

Salazar, M.; Suárez, M.; Castillo, R. 2017. Guía para el muestreo de suelos y foliares. El Triunfo, Guayas, Ecuador. CINCAE. Boletín Divulgativo N° 12. 4p.

Valdez, M.; Avellaneda, C. 2017. Toma de muestras en campo para escaldadura y raquitismo en semilleros y canteros comerciales de caña de azúcar. El Triunfo, Guayas, Ecuador. CINCAE. Boletín Divulgativo N° 11. 4 p.