CARTA INFORMATIVA

AÑO 11 | N° 1 | enero-julio 2009

ISSN 13902962

CINCAE

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DEL ECUADOR

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

En este número...

Sistema de producción y manejo de semilleros de caña de azúcar.

Uso de entomopatógenos para el control del picudo rayado de la caña de azúcar.

Factores que afectan el color final del azúcar.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DEL ECUADOR
CINCAE
Una división de la Fundación para la Investigación Azucarera del Ecuador (FIADE)

Editorial

COMITÉ EDITORIAL

Raúl O. Castillo
Jorge Mendoza
Edison Silva
Bolívar Aucatoma
Mónica Salazar
Esthela Vásquez

DIRECCIÓN

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DEL ECUADOR (CINCAE)
Estación Experimental:
Km. 49.6 Vía Durán - El Triunfo
Dirección Postal:
Av. Joaquín Orrantia y Av. J. T. Marengo,
Edificio Executive Center (Mezzanine)
Guayaquil - Ecuador
Telf.: (593 4) 2 158111
Celular.: 593 8 516 4222
Fax: 593 8 516 4448
email: cincae@cincae.org
www.cincae.com

CINCAE
está certificado con el SGC:
ISO 9001-2000
Número 225948

En esta carta informativa, se analizan aspectos importantes que pueden ayudar a mejorar la producción de caña en campo, así como producir azúcar de alta calidad dentro de los parámetros internacionales. En campo, el picudo rayado, *Metamasius hemipterus*, es una plaga de la caña de azúcar que puede causar pérdidas de hasta 15 % de la caña cosechable y 30 % de la sacarosa extraíble. Hasta ahora, el manejo de esta plaga se ha efectuado utilizando trampas, cebadas con caña madura machacada, impregnada con insecticida químico; sin embargo, nuestro compromiso ambiental hace que busquemos alternativas no químicas para sustituir el uso de insecticidas. Al respecto se presentan los resultados de varios estudios que muestran la posibilidad del uso de dos emtomopatógenos, B*eauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, como componentes de una estrategia de manejo integrado de esta plaga. Esta medida de control se debe integrar o complementar con otras, como: corte de tallos a nivel del suelo, evitar heridas causadas

CONTENIDO

por otros insectos y ratas, rajaduras del tallo, disminuir los residuos de cosecha en el campo, etc.

El uso de semilla de alta calidad fitosanitaria y pureza genética es un componente importante para lograr buena germinación, garantizar la sanidad del cultivo, mejorar la producción y prolongar la vida del cantero. Para este propósito, CINCAE ha venido entregando a los ingenios, desde hace varios años, plantas provenientes de meristemos o plantas de yemas tratadas para el establecimiento de semilleros sanos. Este trabajo de varios años, permite organizar un programa para producción de semilla desde la fase inicial, que es desarrollada en CINCAE, hasta el manejo de los semilleros en los ingenios. El programa también permitirá garantizar la producción de semilla sana de las nuevas variedades que sean entregadas por CINCAE. Será importante establecer las necesidades por categoría de semilleros para atender los requerimientos del ingenio o el cañicultor. El programa de semilleros incluye cuatro categorías: 1. Semillero fundación, 2. Semillero básico, 3. Semillero semi-comercial y 4. Semillero comercial.

Durante el procesamiento del azúcar en fábrica, el color es un término utilizado para cubrir un amplio rango de sustancias químicas responsables del color final del azúcar. Este es uno de los parámetros de mayor relevancia al momento de establecer la calidad del azúcar. Se ha determinado que existen colorantes naturales presentes en tallos, hojas y cogollos; y, colorantes formados durante el proceso de fabricación, que presentan diferentes características físico químicas. Las industrias que usan azúcar como materia prima para la elaboración de sus productos, especifican los rangos en que debe encontrarse este parámetro para su aceptación. Además, en base al color el azúcar puede clasificarse en crudo, blanco, blanco especial, etc. Esta revisión busca incentivar a técnicos y directivos de la industria azucarera para realizar propuestas de investigación y mejoramiento durante los procesos de extracción y elaboración del azúcar en fábrica.

Raúl O. Castillo, Ph. D.
DIRECTOR GENERAL DE CINCAE

1 Uso de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control del picudo rayado, *Metamasius hemipterus*, en caña de azúcar.

6 Factores que afectan el color final del azúcar.

10 Sistema de producción y manejo de semilleros de caña de azúcar.

Uso de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control del picudo rayado, *Metamasius hemipterus*, en caña de azúcar.

Jorge Mendoza, Patricia Gómez y Darío Gualle

El picudo rayado de la caña de azúcar, *Metamasius hemipterus*, es un insecto comúnmente reportado como plaga de la caña de azúcar en varios países de América Tropical y Sub-tropical (Sosa, Shine y Tai, 1997; Mendonça, 1996; Guagliumi, 1972). Risco (1968), lo consideró como una plaga de primera importancia para este cultivo en Ecuador y Bolivia, atribuyéndose pérdidas de hasta 15 % de la caña cosechable y 30 % de la sacarosa extraíble; sin embargo, en un estudio más reciente, Mendoza, Ayora y Gualle (2006), no observaron diferencias significativas en la producción de caña y rendimiento de azúcar entre parcelas sometidas al uso de trampas y parcelas testigos.

Los adultos son atraídos por la fermentación que se produce en las heridas o cortes de los tallos, colocan sus huevos y, las larvas hacen galerías en los tejidos sanos y dañados del tallo (Figura 1). Comúnmente el manejo de esta plaga consiste en el uso de trampas construidas con caña guadua o fundas plásticas que contienen trozos de tallos de caña madura (20 cm. de largo), machacados y sumergidos o no en una solución de insecticida. (Guagliumi, 1972; Risco, 1968; Sosa, Shine, Tai, 1997; Mendoza, 2004).

Figura 1. Daños causados por larvas de *Metamasius hemipterus* en caña de azúcar. CINCAE, 2008.

El uso de hongos entomopatógenos es una alternativa que se ha venido abriendo espacio en los programas de manejo de plagas en caña de azúcar. Actualmente se conocen más de 700 especies de hongos que afectan a insectos de diversos órdenes (Devoto, Gerding y France, 2003), algunos de los cuales están siendo utilizados exitosamente en programas de control biológico (Monzón, 2001). Por ahora, el grupo más importante de hongos entomopatógenos, con fines prácticos de manejo, está constituido por *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae (*Monzón. *s.f.).*

El control de curculiónidos con *Beauveria* spp ha sido estudiado por varios investigadores. Según Alves (1998), en condiciones de laboratorio pueden obtenerse hasta 95 % de mortalidad de adultos de *C. sordidus* expuestos a cebos infestados con *B. bassiana*. Batista Filho et al. (1995) manifiestan que *B. bassiana* redujo en 61 % la población de adultos de *C. sordidus* y que *B. amorpha* es una especie que puede ocurrir naturalmente, causando infección en cerca de 18 % de los adultos de esta plaga. Espinoza et al. (2004) encontraron hasta 46 % de mortalidad de adultos de *C. sordidus* cuando se utilizaron trampas con pseudotallo de plátano cebadas con *B. bassiana*. Carballo y Arias de López (1994) reportaron hasta 36 % de mortalidad de adultos de *C. sordidus* y hasta 80 % de *M. hemipterus* cuando usaron trampas de pseudotallo de

banano cebadas con 5.8 x 10^{10} conidias/trampa (10 g/trampa). Por su parte, Chávez (s.f.) manifiesta que las aplicaciones de *B. bassiana* infectan hasta 65 % de adultos de *M. hemipterus.* Estos resultados indican que este hongo puede ser de gran importancia para el control integrado de esta plaga en caña de azúcar.

En este artículo se presentan los resultados de cuatro experimentos, dos efectuados en laboratorio en que se determinó la patogenicidad de *B. bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre el picudo rayado; y, dos experimentos, en invernadero y campo, en que se evaluó la eficacia de *B. bassiana* sobre este insecto.

Pruebas de patogenicidad en laboratorio

En el Experimento 1, se probaron cinco concentraciones (1x10^4, 1x10^5, 1x10^6, 1x10^7, 1x10 conidias/ml) de *B. bassiana* Cepa Bb-P y un testigo absoluto. La unidad experimental estuvo constituida por un frasco de vidrio de 100 ml conteniendo papel filtro, algodón humedecido con agua destilada estéril, una rodaja de caña de azúcar y 3 adultos del picudo rayado. Se emplearon 45 adultos por tratamientos, distribuidos en tres repeticiones. La inoculación se efectuó mediante el método de inmersión de los insectos durante 30 segundos. Después de la inoculación, los adultos fueron confinados en frascos de vidrio con rodaja de caña. Los registros de mortalidad se efectuaron diariamente, hasta 15 días después de la inoculación. Los adultos muertos se colocaron en cámaras húmedas (caja petri con papel filtro y algodón húmedo estéril) para determinar la causa de mortalidad.

Figura 2. Adultos del picudo rayado atacados por *Beauveria bassiana*.

La ocurrencia de mortalidad de adultos del picudo rayado en todas las concentraciones de *B. bassiana* demuestran la patogenicidad de esta cepa sobre esta especie de insecto (Figura 2). El aumento de la dosis de *B. bassiana* proporcionó, en todos los casos, un incremento en la mortalidad de este insecto. Los mayores porcentajes se registraron con 1x10^7 y 1x10^8 conidias/ml, alcanzándose 82.2 y 84.5% de mortalidad, respectivamente, siendo estadísticamente diferentes a los demás tratamientos (Cuadro 1). Con 1x10^4 y 1x10^5 conidias/ml se logró únicamente 2.23 y 6.70 % de mortalidad, siendo estadísticamente iguales al testigo absoluto. Con 1x10^6 conidias/ml se alcanzó 33.3 % de mortalidad. Según Probit, la concentración letal media (CL50) de la cepa Bb-P de *B. bassiana* fue 1.0x10 ^{7} conidias/ml.

En el Experimento 2, se probó la patogenicidad de tres cepas de *B. bassiana*, tres de *M. anisopliae* y un testigo absoluto. Para todas las cepas, se utilizó una concentración de 1x10^8 conidias/ml. Se emplearon 60 adultos por tratamiento. El manejo de los insectos y el sistema de inoculación fue similar a lo indicado en el experimento anterior. Los registros de mortalidad se efectuaron diariamente,

Cuadro 1. Porcentaje de mortalidad de adultos de *Metamasius hemipterus*, causado por *Beauveria bassiana*, en condiciones de laboratorio (n=45). CINCAE, mayo de 2007.

	Tratamientos	
Nº	Concentración (conidias/ml)	Mortalidad (%)
1	0 (Testigo)	0.00 c 1/
2	1x10^4	2.23 c
3	1x10^5	6.70 c
4	1x10^6	33.30 b
5	1x10^7	82.20 a
6	1x10^8	84.50 a

1/Promedios con la misma letra dentro de la columna no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo a la prueba de Tukey (p = 0.05).

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad de adultos de *Metamasius hemipterus*, causado por *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en condiciones de laboratorio (26.5 ± 4.3ºC) (n=60). CINCAE, febrero a marzo de 2008.

	Tratamientos		
Nº	Cepa	Procedencia	Mortalidad (%)
1	Agua destilada	-	0.0 d1/
2	*M. anisopliae (P. saccharicida)*	Ingenio Valdez	90.0 ab
3	*M. anisopliae (M. andigena)*	Hacienda Cañaveral	91.7 ab
4	*M. anisopliae (-)*	EARTH- Costa Rica	40.0 c
5	*B. bassiana (C. sordidus)*	INIAP - Pichilingue	81.7 b
6	*B. bassiana (C. sordidus)*	INIAP - Boliche	96.7 a
7	*B. bassiana (-)*	EARTH- Costa Rica	36.4 c

CV % =14.4%
1/ Los datos originales fueron transformados a $\sqrt{x+1}$, previo el ADEVA. Promedios con la misma letra dentro de la columna no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo a la prueba de Tukey (p = 0.05).

hasta 15 días después de la inoculación. Los adultos muertos fueron acondicionados en cámara húmeda para determinar la causa de mortalidad.

Los resultados mostraron que las cepas de ambos entomopatógenos fueron patogénicas sobre los adultos del picudo rayado, siendo estadísticamente diferentes al testigo. Entre las cepas de *M. anisopliae*, las más patogénicas fueron aquellas aisladas de *Mahanarva andigena* y *Perkinsiella saccharicida*, con 91.7 y 90.0 % de mortalidad; y, en el caso de *B. bassiana*, la cepa más patogénica fue aislada de *C. sordidus*, procedente de INIAP- Boliche con 96.7 % de mortalidad. Estadísticamente no hubo diferencia entre estas tres cepas, seguida de la cepa de *B. bassiana* aislada de *C. sordidus*, procedente de INIAP-Pichilingue, con 81.7 % de mortalidad. Las cepas de *M. anisopliae* y *B. bassiana* procedentes de la EARTH, Costa Rica, fueron menos patogénicas, siendo estadísticamente diferentes a las anteriores. La tasa de mortalidad entre las cepas evaluadas varió de 36.4 %, en la cepa de *B. bassiana* procedente de la EARTH, Costa Rica, a 96.7 % en la cepa INIAP-Boliche, aislada de *C. sordidus* (Cuadro 2).

Prueba de eficacia en invernadero y campo

En el Experimento 3, se probaron dosis y forma de aplicación de *B. bassiana* para el control del picudo rayado en condiciones de invernadero. Se compararon los siguientes tratamientos: 1) 5 g de arroz-hongo. 2) 10g de arroz-hongo, 3) 20 g de arroz-hongo, 4) Caña machacada sumergida en una suspensión de *B. bassiana* de $1x10^7$ conidias/ml y 5) Testigo absoluto. En todos los tratamientos se utilizó la caña madura machacada como atrayente.

En los tratamientos 1, 2 y 3 se mezclaron el arroz-hongo con los trozos de caña machacada. En el tratamiento 4, los trozos de caña machacada fueron sumergidos por 10 minutos en una suspensión de *B. bassiana*, con una concentración de 1×10^7 conidias/ml. En el testigo absoluto se utilizó únicamente caña madura machacada. Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por una trampa con 15 adultos del picudo rayado. La trampa consistió de un recipiente plástico de 3 L de capacidad, con tapa y tres aberturas laterales de 6 cm x 6 cm. (Figura 3). Las trampas se mantuvieron en el invernadero a 24.4 ± 3° C.

Diariamente se efectuaron observaciones para determinar la mortalidad de los insectos en prueba, hasta 15 días después de iniciado el experimento. Los adultos muertos fueron acondicionados en cámara húmeda para determinar la causa de mortalidad. En el Cuadro 3 se presentan los

Figura 3. Trampa utilizada para la captura de adultos de *Metamasius hemipterus*. Cincae, 2008.

Cuadro 3. Porcentaje de mortalidad de adultos de *Metamasius hemipterus*, causado por *Beauveria bassiana*, en condiciones de invernadero (24.4 ± 3ºC) (n=60). CINCAE, enero de 2008.

	Tratamientos	
Nº	Dosis	Mortalidad (%)
1	5 g arroz-hongo	51.7 a1/
2	10 g arroz-hongo	68.4 a
3	20 g arroz-hongo	65.0 a
4	Suspensión $1x10^7$ conidias/ml	6.7 b
5	Solo atrayente	0.0 b

CV % = 16.1
1/ Los datos fueron transformados a $\sqrt{x+1}$ previo el ADEVA.
Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo a la prueba de Tukey (p = 0.05)

resultados de este experimento. Los mayores porcentajes de mortalidad se alcanzaron en los tratamientos 2, 3 y 1, con 68.4, 65.0 y 56.7 % de mortalidad, respectivamente. Estos tratamientos fueron estadísticamente similares entre sí, pero diferentes a los demás tratamientos. El tratamiento 4 fue estadísticamente igual al testigo.

En el Experimento 4, se inició una serie de evaluaciones para determinar la eficacia de *B. bassiana* para el control del picudo rayado en campo. La primera prueba se instaló en el cantero 060564, lote 066403, del ingenio San Carlos; y, la segunda prueba en el ingenio ECUDOS, cantero Flor del bosque 02.

En estos experimentos se probaron cuatro tratamientos: 1. Arroz-hongo (10 g) + caña machacada, 2. Caña machacada sumergida en una suspensión de 1 x 10^9 conidias de *B. bassiana*/ml, 3. Testigo químico, caña machacada sumergida por 12 horas en una solución de agua + Sevin (2.5 g/L de agua) + melaza; y, 4. Testigo absoluto (sólo caña madura machacada). Para la evaluación de estos tratamientos, se utilizaron trampas constituidas por baldes plásticos de 4 L de capacidad, con tres aberturas laterales. Para cada tratamiento se utilizaron 8 trampas. Las evaluaciones se efectuaron a los 3, 6, 9 y 15 días después de colocadas las trampas. A los 15 días se hizo la renovación del sustrato en cada tratamiento, efectuándose dos renovaciones en cada localidad. En cada evaluación se registró el número de adultos del picudo rayado por trampa y se recolectaron aquellos capturados en los tratamientos 1, 2 y 4, los cuales se llevaron al laboratorio para determinar la mortalidad causada por *B. bassiana*.

La mortalidad de adultos del picudo rayado por *B. bassiana* en los tratamientos 1 y 2 confirman la patogenicidad de este entomopatógeno sobre esta plaga, aunque en niveles relativamente bajos. En ambas localidades, la

Cuadro 4. Porcentaje de mortalidad de adultos de *Metamasius hemipterus* causado por *Beauveria bassiana*, a los 3, 6, 9 y 15 días después de colocadas las trampas, en los ingenios San Carlos y ECUDOS. 2008.

	San Carlos/días				ECUDOS/días			
	3	6	9	15	3	6	9	15
B. bassiana, 10 g/trampa	11.8	5.5	3.5	5.2	6.7	5.1	4.6	11.7
B bassiana $1x10^9$ conidias/ml	11.2	3.6	0.0	0.0	17.	2.2	1.0	3.6
Testigo absoluto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

mayor mortalidad se presentó en los individuos recolectados a los 3 días después de colocadas las trampas, alcanzando 17.4 y 11.8 % en los tratamientos 2 y 1, en ECUDOS y San Carlos, respectivamente. Por otra parte, la sobrevivencia del patógeno fue mayor en la formulación arroz-hongo que en la suspensión. Esto se debe posiblemente a que en la suspensión las conidias inician su proceso germinativo inmediatamente después de entrar en contacto con el agua, quedando activas o infectivas durante poco tiempo (Cuadro 4).

Estos resultados abren la posibilidad del uso de *B. bassiana* y *M. anisopliae* en los programas de control del picudo rayado en caña de azúcar, usándose como un insecticida biológico mezclado con la caña madura machacada como atrayente para el insecto. Además, esta medida de control se debe integrar o complementar con otras, como: corte de tallos a nivel del suelo, evitar heridas causadas por otros insectos y ratas, rajaduras del tallo, disminuir los residuos de cosecha en el campo, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, S.B. 1998. Fungos entomopatogénicos. En. Controle microbiano de insetos. 2da. ed. Piracicaba, Brasil, FEALQ. p 289-381

Batista Filho, A.; Leite, L.G.; Raga, A.; Sato, M.E.; Oliveira, J.A. 1995. Utilizacão de *Beauveria bassiana* (Balls.) Vuill. no manejo de *Cosmopolites sordidus* Germar, 1824, em Miracatu, SP. Biológico 57:17-19.

Carballo, V.; Arias de Lopez, M. 1994. Evaluación de *Beauveria bassiana* para el control de *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) en condiciones de campo. Revista MIPE, 31:22-24

Chavez, M.L.J. s.f. Manejo Integrado de Plagas en los Cultivos de Plátano y Banano en Colombia. http://www.engormix.com/manejo_integrado_plagas_cultivo_s_articulos_941_htm Consultado el 21 de Junio de 2007.

Devoto, L.; Gerding, M.; France, A. 2003. Hongos entomopatógenos: Una alternativa para la obtención de biopesticidas. Informativo Agropecuario, BIOLECHE – INIA QUILAMAPU. http://www.inia.cl/cobertura/quilamapu/bioleche/BOLETIN23.html.

Espinoza, A.; Vivas, L.; Lara, E.; Pico, J. 2004. Manejo del picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) con el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* Bals. Vuill.

Guagliumi, P. 1972. Pragas da cana de açucar. Nordeste do Brasil. Instituto do açucar e do alcohol. Divisao Administrativa. Servicio documentacao. Brasil. 622 p.

Mendonça, A. 1996. Pragas da cana de açucar. Maceio, Brasil. Insetos & Cia. 239 p.

Mendoza, J. 2004. Guía para el reconocimiento y manejo de insectos plagas y roedores de la caña de azúcar en el Ecuador. Publicación Técnica Nº 2. 2a. ed. CINCAE, El Triunfo, Ecuador. 34 p.

Mendoza, J.; Ayora, A.; Gualle, D. 2006. Efecto del picudo rayado, *Metamasius hemipterus* L., sobre la producción y rendimiento de la caña de azúcar. En: Memorias del VI Congreso de ATALAC, Guayaquil, Ecuador. 12-15 septiembre, 2006. AETA, v.1 p 119-124.

Monzón, A. 2001. Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. Manejo Integrado de Plagas 63: 95-103.

Monzón, A. (s.f.). Producción y uso de hongos Entomopatógenos. FUNICA; CATIE. Nicaragua. 63 p.

Risco, S. 1968. *Metamasius hemipterus* L. "gorgojo rayado de la caña de azúcar". Control del insecto en los ingenios "San Carlos" y "Valdez" en el Ecuador. Ingenio San Carlos, Guayaquil, Ecuador. 20 p (mecanografiado).

Sosa, O.; Shine, J.; Tai, P.Y.P. 1997. West Indian Cane Weevil (Coleoptera: Curculionidae): A new pest of sugarcane in Florida. Journal of Economic Entomology. 90(2):634-638.

Factores que afectan el color final del azúcar.

Bolívar Aucatoma

El color es un término utilizado para cubrir un amplio rango de componentes de sustancias químicas responsables del color final del azúcar, es uno de los parámetros de mayor relevancia al momento de determinar la calidad del azúcar. Las industrias que usan azúcar como materia prima para la elaboración de sus productos, especifican los rangos en que debe encontrarse este parámetro para su aceptación. Además, el color clasifica el azúcar crudo, blanco, etc., que es la propiedad principal para los compradores y consumidores (Ellis, 2004).

La eficiencia de la remoción de color es escencial en la obtención del azúcar. Se ha llegado a determinar que existen colorantes naturales presentes en tallos, hojas y cogollos; y, colorantes formados durante el proceso de fabricación, que presentan diferentes características físico químicas (Cuadro 1).

Los colorantes naturales o pigmentos son parte de la

Cuadro 1. Características de diferentes grupos de colorantes (Tomado de Rein, 2007).

	Colorantes de la caña de azúcar	HADP(1)	Caramelos	Melanoidinas	Melaninas
Masa molecular	Monomérico, ‹1200	Intermedios, ‹10000	Poliméricos, ›10000	Poliméricos, ›10000	Muy alta, ›250000
Origen	Flavonoides + otros extractos fenólicos del tallo de la caña. Complejos del hierro con fenoles.	Reacción de hexosas a pH alto (› 8; óptimo a pH 11).	Descomposición térmica de la sacarosa a temperaturas sobre 120°C.	En reacciones de Maillard envuelve amino ácidos y azúcares invertidos a altos niveles de RDS(2).	Enzimas obscurecidas de fenoles. También de reacción de fenoles con amino ácidos.
Grado de ionización	Iónicos a pH altos. Neutros a pH bajos.	Sin carga. Cationes bajo pH 5, aniones encima de pH 6.	Ligera carga. Ionizado a pH 7.2.	Cationes bajo pH 5, encima de pH 6.	Cargados negativamente
Polaridad	Menos polar	Polar	Intermedio	Polar	
Valor del indicador	Fenólicos y flavonoides 5-14	1.5 - 3	1-2	1-1.2	Bajo
Removidos por	Los pigmentos de las plantas son removidos por la clarificación del jugo. Fenólicos por carbonatación y GAC.	Fosfatación e intercambio iónico (Estireno)	Carbón activado granular (GAC)	Removidos completamente por intercambio iónico	Carbón activado granular (GAC)
Afinidad con los cristales de azúcar	Incluidos en los cristales.	Gran parte removido en la centrifugación	Incluidos en los cristales	Gran parte removido en la centrifugación	Fácilmente se incluye en los cristales

(1) HADP = Productos de la degradación alcalina de la hexosa, (2) RDS = Sólidos disueltos refractométricos

estructura de la caña y son conocidos como fenoles y flavonoides; y, son responsables por el 60 – 75 % del color en el azúcar sin refinar (Smith, 1971; Clarke, 1984, citados por Clarke, 1996). Los flavonoides son considerados un problema en la producción de azúcar, ya que pueden aportar el 30 % de la coloración en el azúcar crudo a pH 7. Mersad y Bento, (2003), citados por Cortés, (2007) reportan que debido a su solubilidad, los flavonoides pueden pasar sin ser removidos en los procesos de producción de azúcar. También la inclusión de un grupo glucósido hace que su estructura cause afinidad de los cristales de azúcar. Los fenoles son por lo general incoloros en la planta, pero se oxidan o reaccionan con moléculas amino-nitrogenadas y elementos como el hierro formando compuestos coloreados (Cortés, 2007)

Los colorantes formados durante la producción son: melaninas, melanoidinas, caramelos y los productos de la inversión y la degradación. Las Melaninas son formadas por oxidación enzimática de compuestos fenólicos en quinonas por polifenoloxidasas (PPO), produciendo polímeros indólicos. Las Melanoidinas, son productos de la reacción de Maillard (condensación de un grupo carbonilo de los azúcares reductores con aminoácidos, proteínas o amonio) que se producen a temperatura ambiente y que se incrementa con el aumento de la misma, lo mismo sucede cuando el % Brix es alto y la pureza es baja. Se desarrollan lentamente en medio ácido y se intensifican en medios básicos. Los Caramelos, se forman por la degradación térmica de la sacarosa por encima de los 120°C, su composición puede variar dependiendo de las condiciones de formación, poseen un alto peso molecular, el cual incrementa con el tiempo que continúe la polimerización. Los productos de la inversión y la degradación, son el resultado de la degradación alcalina de la fructosa a temperaturas mucho menores de 120°C, tienen la tendencia a ser de color café y de alto peso molecular, el medio ácido puede causar inversión y por lo tanto formar más productos de degradación del color. Son producidos por altas temperaturas, su producción es continua en el proceso del azúcar, particularmente en superficies calientes (Cortés y Rein, 2007).Una representación del color y del peso molecular de varios grupos de colorantes se muestra en la Figura 1.

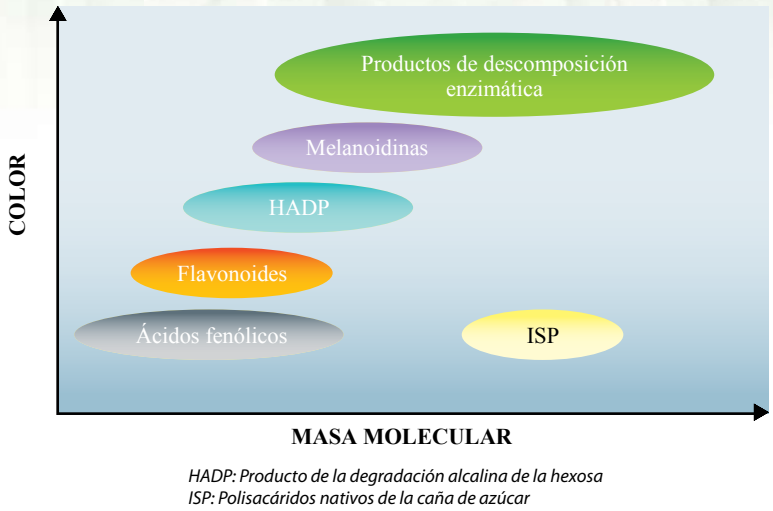

Figura 1. Representación relativa del color y el peso molecular de los principales grupos de colorantes (Bento, 2003 citado por Rein, 2007).

Factores que afectan el color en los jugos

La mayoría de colorantes son extraídos de las hojas, cogollos y basuras generadas de la limpieza del tallo, los cuales se relacionan directamente con el peso de caña o peso de sacarosa extraída. El color de la corteza y los nudos es 4 a 5 veces mayor que el de los entrenudos y los cogollos (Lionnet, 1986; Smith, 1991; Paton, 1992, citados por Clarke, 1996). Algunos estudios han mostrado que ciertos tipos de suelos influyen en el color del jugo, llegándose a determinar que sembrar caña en algunos tipos de suelos arcillosos disminuye el color del jugo en relación a cultivos establecidos en suelos arenosos. Otros estudios reportan que el color de los jugos varía con la variedad y madurez de la caña (Clarke, 1996). El color del jugo de la caña puede ser incrementado

por enfermedades, tales como la mancha roja y por pesticidas usados para el control del barrenador de la caña de azúcar.

El estrés hídrico en la caña de azúcar puede llevar a un incremento del color en el azúcar. Los aminoácidos son un precursor de color, y en general el incremento de estrés en la caña produce un incremento de los niveles de aminoácidos, especialmente prolina y asparagina, que aumentan las reacciones de Maillard y la formación de color en los procesos (Clarke, 1996).

El deterioro y envejecimiento de la caña pueden causar un incremento en el color del azúcar crudo. En efecto, la caña al cosechar se deteriora, los niveles de azúcar invertido se incrementan y éstos se descomponen a su forma de ácidos orgánicos y moléculas coloreadas. Cuando el pH del jugo de la caña es bajo, la glucosa por lo general, se descompone en una serie de moléculas orgánicas coloreadas de bajo peso molecular.

Medidas de color

El color es generalmente medido de acuerdo a los métodos ICUMSA (Barterns, 2006), el cual envuelve medidas de absorbancia de la luz a 420 nm y pH 7.0. La lectura se efectúa sin ajustar el pH del azúcar refinada, después de filtrar directamente con filtros de nitrocelulosa de 0.45 um y la concentración de sólidos disueltos en el líquido de la muestra es expresado en términos relativos. El color ICUMSA se calcula con la siguiente fórmula:

$$IU = \frac{A_{420} * 10000}{\delta * c}$$

Donde IU es el color ICUMSA, δ es la longitud de la celda en milímetros y, c la concentración de los sólidos disueltos en g/ml.

Las membranas utilizadas para la filtración tienen efecto en las medidas de color. Los filtros de 0.45 um remueven algunos colorantes de alto peso molecular y membranas con un mayor tamaño de poro dan un mayor valor de color. Las membranas con tamaño de poro mayor a 1.2 um no tienen efectos sobre el color (Bento, 2003).

Remoción de color y clarificación

Han sido muchos los procesos y sustancias que se han utilizado para la clarificación de los jugos, hasta el año 1948 existían 622 sustancias utilizadas para la purificación, decoloración y clarificación de las soluciones que contienen azúcar (Spencer y Meade, 1948, citados por Rein, 2007). Tratamientos con soluciones de cal o sacarato son métodos básicos de clarificación. La cal es el compuesto químico más usado para la neutralización de la acidez del jugo y los procesos varían en el método y temperatura de adición, las variaciones de estos parámetros tratan de disminuir el color y la turbiedad del jugo clarificado.

Entre los productos más utilizados para la clarificación están la lechada de cal y el sacarato de calcio, se han realizado comparaciones entre estos agentes clarificantes, llegándose a determinar que el uso del sacarato disminuye la turbiedad, fosfatos y proteínas, además disminuye ligeramente el inicio de la velocidad de floculación e incrementa 10 % de lodos. Los contenidos de calcio, magnesio, sílice y polisacáridos en jugos clarificados fueron parecidos (Doherty, 2002)

El jugo extraído de los molinos es tratado con cal en dosis de 0.5 kg CaO por tonelada de caña, con lo cual se incrementa el pH y se evita la inversión de la sacarosa. Además, aglutina las impurezas que floculan y sedimentan. De esta forma se tiene un jugo cristalino de color pardusco, luego se concentra hasta alrededor de 60 grados brix y se vuelve a clarificar colocando cal, ácido fosfórico y agentes floculantes.

En trabajos realizados en Louisiana (Eggleston, 2000, citado por Rein, 2007) comparando los efectos del uso de cal fría y caliente, se determinó que se necesita 20 % menos de cal cuando se aplica en caliente. De esta manera se disminuyó 10 % de calcio en el jugo clarificado y no hubo diferencias en la clarificación. Por otra parte, se incrementaron los volúmenes de lodos cuando se utilizó cal caliente.

La cosecha mecanizada en el país en los últimos años se ha incrementado notablemente. Así, en el Ingenio San Carlos pasó del 31 % en 2007 a 79 % en 2008. Esta labor acarrea mayor cantidad de hojas y materiales extraños a la fábrica, lo cual está

Cuadro 2. Color para el azúcar fijado por las Normas 2 257: 2000 y 259 : 2000 de INEN. Ecuador.

TIPOS DE AZÚCAR	Color ICUMSA (IU)
Azúcar Blanco	Máximo 350
Azúcar Blanco especial Tipo II	Máximo 180
Azúcar Blanco especial Tipo I	Máximo 120

directamente relacionado con los compuestos coloreados de la caña, incrementando el color en los jugos y en el producto final. Esto ocasiona problemas en la clarificación del azúcar para obtener el color deseado.

Para mejorar el color del azúcar, se podría utilizar varias alternativas. Una de ellas es caracterizando las principales variedades de caña por el color y determinando cuáles son los principales compuestos que provocan la coloración, para luego buscar sustancias que eliminen más fácilmente y con mayor eficiencia a los compuestos colorantes. También podría probarse variaciones de las substancias actualmente utilizadas en diferentes concentraciones, modificando parámetros físicos como el pH y/o la temperatura para reducir la coloración. Esta es una solución a corto plazo ya que permitiría mantener el color del azúcar dentro de los estándares vigentes (Cuadro 2). Sin embargo, como los parámetros de calidad son cada vez más exigentes, la clarificación no es suficiente, siendo necesaria la refinación del azúcar.

Este proceso consiste en la dilución del azúcar y una nueva decoloración por otros procesos como son: intercambio iónico, tratamientos con carbón activado, carbón granulado o carbón de hueso; antes de volver a ser cristalizado. Este proceso puede repetirse las veces que sean necesarias hasta obtener el producto con las características deseadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bartners, A. 2006. ICUMSA: Methods Book (2005). Berlín, Alemania. 400 p.

Bento, L. 2003. Technological colour control of sugar products. Proc. AVH. conf. 22-29.

Clarke, M.A.; Legendre, B.L. 1996. Sugarcane quality: impact on sugar yield and quality factor. Sugar y Azucar, 91 (7): 31-36

Cortés, R.A. 2007. Direct white sugar production: optimization and chemical regeneration of fixed-bed activated carbon adsorbers. Thesis MSc. USA, Louisiana State University. 133 p.

Doherty, W.O.; Greenwood, D.; Pilaski D. Wright P.G. 2002. The effect of liming conditions in juice clarification. Proc. Aus. Soc. Sugar cane Technol. p.24.

Ellis, B. 2004. Modeling of Cane Sugar Colorant Removalin Packed-Bed Ion Exchange Columns and an Investigation into Pretreatment Methods. Chemical Engineering. Baton Rouge, Loussiana State University. Thesis Master of Sciencie. 249 p.

Rein, P. 2007. Cane Sugar Ingeneering. Germany: Barnest, 768 p.

Sistema de producción y manejo de semilleros de caña de azúcar.

Jorge Mendoza, Freddy Garcés, Alexandra Gómez, Raúl Castillo

I. Introducción

La semilla de alta calidad fitosanitaria y pureza genética es un componente importante para lograr buena germinación, garantizar la sanidad del cultivo, mejorar la producción y prolongar la vida del cantero (Victoria, et al 1997). Para este propósito, CINCAE ha venido entregando a los ingenios, desde hace varios años, plantas provenientes de meristemos o plantas de yemas tratadas para el establecimiento de semilleros sanos (Castillo, et al 2003). Con la experiencia adquirida hasta ahora, se ha definido un programa que permite organizar la producción de semilla desde la fase inicial, que es desarrollada en CINCAE, hasta el manejo de los semilleros básicos, semicomerciales y comerciales en los ingenios.

En este documento se presenta un esquema de la organización y producción de semilleros sanos que permitirá garantizar la producción de semilla sana de las variedades comerciales y de las nuevas variedades que sean entregadas por CINCAE. Un aspecto muy importante para un buen sistema de producción de semilla es determinar las necesidades por categoría de semilleros para atender los requerimientos del ingenio o el agricultor cañero. La presente propuesta introduce un sistema de manejo de semilleros sanos de caña de azúcar que consta de cuatro categorías: 1. Semillero fundación, 2. Semillero básico, 3. Semillero semi-comercial y 4. Semillero comercial (Soto, 1997; Victoria, et al, 1997; Garces, 2003; Buenaventura 2003).

II. Tipos de semilleros

1. Semillero fundación

El semillero fundación será la fuente de germoplasma de las variedades desarrolladas por CINCAE; y, de aquellas variedades comerciales introducidas y que los ingenios o cañicultores se interesan en sembrar comercialmente. Este semillero será establecido con plantas meristemáticas, lo que garantizará la pureza genética y la siembra de plantas libres de raquitismo, escaldadura, mosaico, y niveles bajos de hoja amarilla. De cada variedad/clon se sembrarán 1200 plantas, lo que representará alrededor de 1000 m^2. Entre los 9 y 10 meses de edad se cortarían los tallos y se iniciará el proceso para la multiplicación de plántulas a través de yemas individuales. De cada variedad o clon se entregarán 5000 plántulas a cada ingenio o el número de tallos que les permita obtener esta cantidad de plántulas, que servirá para el establecimiento de los semilleros básicos. Para asegurar la sanidad y el buen desarrollo de este semillero se deberá efectuar un buen manejo de la fertilización, control de malezas, riego y manejo de insectos-plagas. El semillero fundación puede ser utilizado para la obtención de semilla básica en caña planta y primera soca.

Cuadro 1. Parámetros de tolerancia, genéticos y sanitarios, propuestos para la categorización de semillas de caña de azúcar. CINCAE, 2009.

	Categorías de semilleros			
Caracteres	Fundación	Básico	Semicomercial	Comercial
Pureza genética (%)	99	99	99	99
Raquitismo (%)	0	< 1	< 3	< 5
Carbón (%)	0	0	0	0
Escaldadura (%)	0	< 1	< 2	< 2
Roya	< 5	< 5	< 5	< 5
Mosaico (%)	0	0	< 1	< 1

2. Semillero básico

Estos semilleros se forman con la semilla o plántulas obtenidas en el semillero fundación y, serán establecidos y manejados por los ingenios. Se iniciarán con la siembra de 5000 plántulas de yemas por clon o variedad, lo que representará alrededor de 0.5 ha, que constituye la primera unidad de producción (UP). Para asegurar la sanidad y el buen desarrollo de este semillero se debe efectuar una adecuada fertilización, control de malezas, riego y manejo de insectos-plagas. Entre los 8 y 10 meses de edad se puede cortar la semilla para la siembra de los semilleros semi-comerciales. El sistema de multiplicación puede ser a través de yemas individuales o por el sistema convencional (esquejes o trozos). En el primer caso puede alcanzar una tasa de multiplicación de 1 a 30, es decir, de media hectárea de semillero básico podría obtenerse 15 ha de semilleros semi-comercial. A través del sistema convencional o por trozos de tres yemas, tendría una tasa de 1 a 10, equivalente a 5 ha de semilleros semi-comerciales. Se debe considerar que el sistema de yemas individuales toma aproximadamente tres meses en los propagadores para que las plántulas estén listas para ser llevadas al campo. Este semillero puede ser utilizado en planta y primera soca.

3. Semillero semi-comercial

Este semillero se establece con la semilla proveniente del semillero básico. El propósito es lograr un incremento de semilla que permita atender los requerimientos para la siembra de los semilleros comerciales y, si hay remanentes, usar en canteros comerciales. Entre los 8 y 10 meses de edad se puede cortar la semilla para la siembra, la misma que debe someterse a otro tratamiento hidrotérmico. Dependiendo de las características agronómicas y su sanidad, podría utilizarse durante dos cortes, caña planta y primera soca.

4. Semillero comercial

Estos semilleros se establecerán con la semilla proveniente del semillero semi-comercial. Entre los 8 y 10 meses de edad se puede cortar la semilla para la siembra de los canteros comerciales. Dependiendo de la sanidad del semillero, podría utilizarse durante dos cortes, caña planta y primera soca.

III. Esquema para la producción de semilleros

En la Figura 1 se presenta la secuencia de producción desde el semillero fundación, manejado por CINCAE, hasta los semilleros comerciales, que deben ser manejados por cada

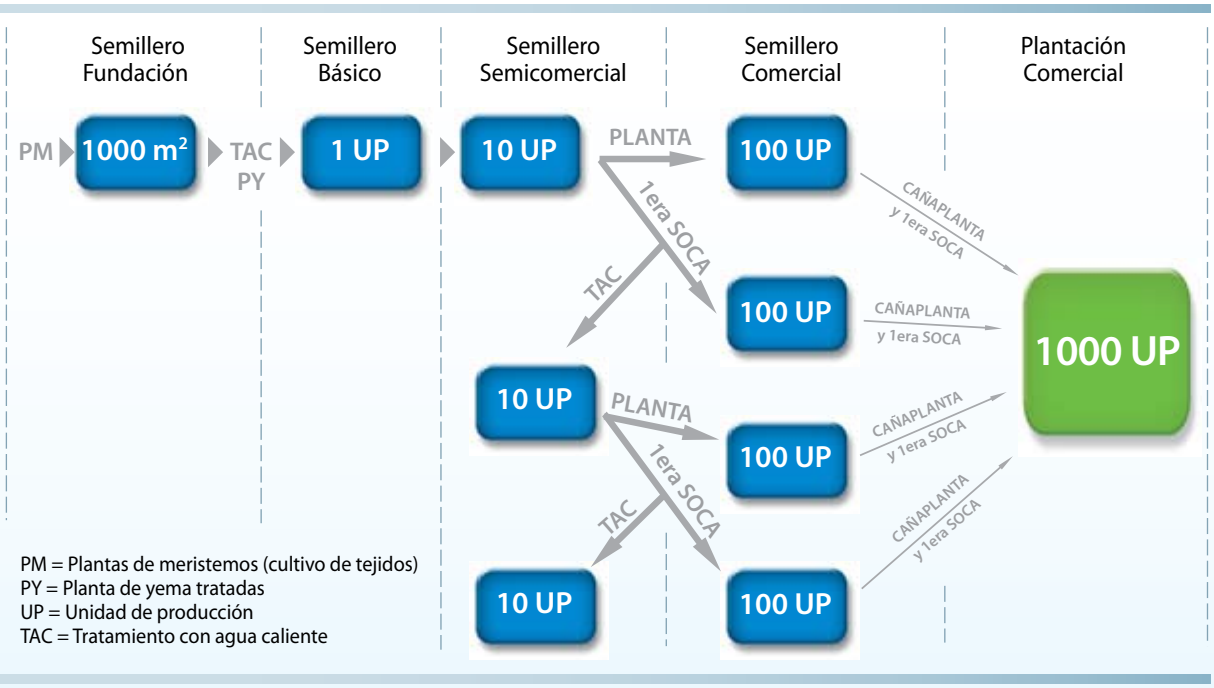

Figura 1. Secuencia para la producción y el manejo de semilleros.

ingenio, con la coordinación del Área de Fitopatología de CINCAE. Cada ingenio tomará muestras de todos los semilleros, los cuales serán evaluados de acuerdo a los protocolos establecidos para el diagnóstico de enfermedades. CINCAE reportará los niveles encontrados y recomendará el uso o no del semillero; la decisión final de uso será del ingenio. Las muestras deben ser tomadas en forma uniforme y enviadas inmediatamente a CINCAE. Se organizarán periódicamente seminarios demostrativos para uniformizar la toma de muzestras.

IV. Recomendaciones generales

1. Los semilleros deben establecerse en áreas libres de caña voluntaria y que hayan estado en barbecho o rotación (especialmente leguminosa), por lo menos cinco meses.
2. Los suelos para semilleros, en lo posible, deben ser de textura franca, fértiles y profundos, presentar facilidad de riego y buen drenaje.
3. Es recomendable que, los semilleros esten cerca del lugar de siembra comercial para disminuir costos de transporte; además, esto permitirá una mejor sincronización entre el corte de la semilla y la siembra.
4. Efectuar una buena preparación del suelo procurando que quede bien mullido y con buena aireación. En el caso de siembra de plántulas meristemáticas o de yemas individuales la profundidad del surco no debe ser mayor de 20 cm.
5. La fertilización debe hacerse de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a los resultados del análisis de suelo y foliares. Un buen plan de fertilización en semilleros de caña de azúcar es recomendable para asegurar la obtención de tallos bien desarrollados.
6. A los 4 y 6 meses de edad debe hacerse el desmezcle para eliminar cepas o plantas fuera de tipo.
7. Entre los 6 y 8 meses de edad se debe tomar las muestras para el diagnóstico de raquitismo (RSD), escaldadura (LSD) y hoja amarilla (ScYLV).
8. Efectuar un monitoreo periódico (quincenal) para detectar la incidencia de plagas y efectuar las medidas de control oportuna.
9. Durante todo este proceso de obtención de yemas hasta su germinación, es necesario tomar en cuenta las recomendaciones para la desinfección de herramientas de corte (machetes) con amonio cuaternario (Garcés, 2003).
10. Efectuar el tratamiento hidrotérmico de las yemas y esquejes (24 horas en agua corriente a temperatura ambiental y una hora a 51°C) y la desinfección de las mismas con Folicur, 2 cc/L agua.
11. Tomar los cuidados necesarios en el corte, transporte y siembra de la semilla. La edad adecuada de corte está entre los 8 y 10 meses de edad.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Buenaventura, C. 2003. Semilleros y siembra de la caña de azúcar. En: Memoria delCurso sobre el Cultivo de la Caña de Azúcar en el Ecuador (Buenaventura, C., Editor). Asociación Ecuatoriana de Tecnólogos Azucareros – AETA. Guayaquil-Ecuador. p. 105-111.

Castillo, R.; Gómez, A.; Garcés, F. 2003. Multiplicación masiva de semilla sana de variedades de caña de azúcar mediante cultivo de tejidos vegetales. . CINCAE, Ecuador. Publicación Técnica no. 1. 10 p.

Garcés, F. 2003. Manejo preventivo de los principales problemas fitopatológicos de la caña en Ecuador. En: Memoria del Curso sobre el Cultivo de la Caña de Azúcar en el Ecuador (Buenaventura, C., Editor). Asociación Ecuatoriana de Tecnólogos Azucareros – AETA. Guayaquil -Ecuador. p. 47-75.

Soto, G.; Orozco, H.; Ovalle, W. 1997. Multiplicación y certificación de semilla asexual de caña de caña de azúcar (Saccharum spp.) para la agroindustria azucarera guatemalteca. CENGICAÑA, Guatemala. Documento Técnico no. 12. 37 p.

Victoria, J.; Viveros, C.; Cassalett C.; Calderón, H. 1997. Establecimiento de semilleros limpios. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Serie Técnica no. 22. 19 p.

Día de campo en el Ingenio Valdez

El 12 de junio del presente año, se realizó un día de campo y recorrido por los ensayos del Programa de Variedades con el apoyo del Ingenio Valdez, en donde se encuentran evaluándose los clones promisorios de la serie 2000 en parcelas semi-comerciales. Participaron en este evento 50 técnicos, agricutores y directivos de los tres ingenios azucareros. Todos los participantes pudieron observar las características de los nuevos clones, que podrían ser entregados como variedades comerciales (Figura 1).

En este recorrido, también se visitaron parcelas demostrativas de algunas variedades comerciales, sembradas en suelos pesados y de alto nivel freático. Las variedades que mejor desempeño están teniendo en estas condiciones son las variedades CC85-92 y ECU-01, apreciándose buena población de tallos y buen desarrollo de planta (Figura 2).

Figura 1. Descripción de los clones promisorios, serie 2000 por parte del Ing. Edison Silva, Jefe de Variedades de CINCAE.

Figura 2. Explicación del Ing. Walter Jara sobre el comportamiento agronómico de 5 variedades comerciales de caña de azúcar en suelos arcillosos del Ingenio Valdez.