cenicaña

Informe anual 2004

Carátula

Mapa detallado de suelos en escala 1:10,000. Incluye los avances a diciembre de 2004 del proyecto "Levantamiento detallado de suelos, estudio de capacidad de uso de tierras y cartografía básica en las áreas sembradas con caña de azúcar en el valle del río Cauca", contratado con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Publicación Cenicaña
ISSN 0120-5854

Cita bibliográfica
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 2005.
Informe Anual 2004. Cali, Cenicaña. 110 p.

Producción editorial
Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Dirección postal
Calle 58 norte No. 3BN-110
Cali, Valle del Cauca, Colombia

Estación Experimental
San Antonio de los Caballeros
Vía Cali–Florida km 26
Tel: (57–2) 260 66 11
Fax: (57–2) 260 78 53
www.cenicana.org
buzon@cenicana.org

700 ejemplares
Impreso en Colombia

Contenido

iv Junta Directiva
v Palabras del Gerente General, Ingenio Manuelita
vi Palabras del Director General, Cenicaña

Valle del río Cauca - Colombia
1 Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca durante 2004

Investigación
15 Programa de Variedades
25 Programa de Agronomía
35 Programa de Procesos de Fábrica

Servicios de apoyo
45 Análisis Económico y Estadístico
55 Tecnología Informática
56 Información y Documentación
57 Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología
75 Superintendencia de la Estación Experimental

Laboratorios de análisis y servicios especializados
77 Laboratorio de Fitopatología
81 Laboratorio de Química
81 Ingeniería de Procesos

83 **Anexo**

100 **Referencias bibliográficas**

101 **Acrónimos, siglas y abreviaturas**

Junta Directiva, 2004

Juan José Lülle Suárez
Presidente

Principales

Juan José Lülle Suárez
Presidente
Incauca S.A.

Alberto Potes Potes
Gerente de Operaciones
Ingenio Riopaila S.A.

Adolfo León Vélez Vélez
Gerente General
Ingenio Manuelita S.A.

Silvio Freddy Quintero Muñoz
Gerente General
Ingenio Pichichí S.A.

Ricardo Villaveces Pardo
Presidente
Asocaña

Rodrigo Villegas Tascón
Representante de los cultivadores afiliados a Asocaña

José Vicente Irurita Rivera
Presidente Junta Directiva
Procaña

Suplentes

Jorge Santiago Arango Franco
Vicepresidente de Campo
Incauca S.A.

Humberto Benitez Bueno
Gerente de Operaciones
Ingenio Central Castilla S.A.

Eduardo Valderrama Varela
Gerente General
Ingenio La Cabaña S.A.

César Augusto Arango Isaza
Gerente General
Ingenio Risaralda S.A.

Mauricio Iragorri Rizo
Gerente General
Ingenio Mayagüez S.A.

Bernardo Silva Castro
Representante de los cultivadores afiliados a Asocaña

Guido Mauricio López Ochoa
Vicepresidente Junta Directiva
Procaña

Comités de la Junta

Comité Ejecutivo

Presidente
Ricardo Villaveces Pardo
Presidente
Asocaña

Comité de Programas

Presidente
Santiago Salcedo Borrero
Gerente General
Ingenio Central Tumaco S.A.

Comités de Investigación

Campo

Presidente
Jairo Nova Vargas
Superintendente de Campo, zona 2
Incauca S.A.

Cosecha

Presidente
Juan Fernando González Reyes
Gerente de Campo
Ingenio Central Castilla S.A.

Fábrica

Presidente
Helver Galindo Rivas
Superintendente de Fábrica
Incauca S.A.

Transferencia de conocimientos e innovación tecnológica

Adolfo León Vélez Vélez

En los últimos años, el ambiente competitivo y la globalización de los mercados han hecho crítica y necesaria la aplicación de nuevos conocimientos y tecnologías en las empresas para lograr el crecimiento y el desarrollo sostenible, con eficiencias altas y costos bajos. Estudios recientes demuestran que existe una correlación alta entre la actividad innovadora y el mejoramiento de varios indicadores asociados con la competitividad. Por lo demás, el conocimiento ha sido siempre un recurso importante y su adecuada explotación constituye la clave fundamental de la competitividad.

Cenicaña, en sus 27 años de existencia, ha identificado las necesidades del sector azucarero colombiano y ha formulado respuestas y recomendaciones para el desarrollo tecnológico de la agroindustria a través de investigaciones en campo, cosecha y fábrica. Los conocimientos generados son de gran valor y están siendo aplicados con indudable éxito por los ingenios y cada vez por más cañicultores innovadores.

Para responder a los desafíos de hoy, Cenicaña ha estructurado, en unión con los ingenios, un programa que busca la aplicación de las nuevas tecnologías y conocimientos por parte de todos los cañicultores. Se trata de la "Red de Grupos de Transferencia de Tecnología", una iniciativa que reúne a cerca de 730 cañicultores de nueve ingenios. Es la herramienta más importante implementada por Cenicaña para diseminar la información tecnológica de la agroindustria, la cual ha contribuido con los altos niveles de productividad y eficiencia alcanzados. Empresarios que no se adhieran a la red, que no innoven ni apliquen las nuevas tecnologías y conocimientos, saldrán del negocio y serán reemplazados por otros que vienen atrás.

Los retos del futuro hacen más exigentes no sólo la investigación y los nuevos desarrollos sino también la innovación y la adopción de soluciones tecnológicas para ser competitivos y permanecer en el mercado.

El futuro depende de todos

Alvaro Amaya Estévez, Ph.D.

La competitividad de la agroindustria azucarera colombiana se define en los principios del mejoramiento continuo, el desarrollo sostenido y la innovación tecnológica, conceptos también fundamentales para la investigación y la transferencia de conocimientos que realiza Cenicaña.

De acuerdo con el propósito nacional de oxigenar los combustibles utilizados por el parque automotor, inicialmente en las principales ciudades de país, la industria ha iniciado obras para la producción de etanol carburante en forma dual con la producción de azúcar. En este proyecto sectorial y en otros posibles también en gran escala, como la generación de energía eléctrica o la producción de materias primas para las industrias de nutracéuticos y vacunas, por ejemplo, la base del progreso está dada por la experiencia de la agroindustria en la producción de la materia prima en el campo y en la elaboración de azúcar.

Con respecto a la producción de la materia prima, el sector está comprometido con el concepto de agricultura específica por sitio y de acuerdo con él orienta las acciones de investigación y desarrollo, transferencia, adopción e innovación tecnológica.

El seguimiento de la adopción de tecnología en las unidades productivas vinculadas con la Red de Grupos de Transferencia de Tecnología muestra un número creciente de empresas que aplican el concepto de zona agroecológica para decidir la variedad de caña por sembrar, así como las prácticas de cultivo.

Con el propósito de mejorar la base de datos de suelos para definir una zonificación agroecológica cada vez más precisa en el sistema de agricultura específica por sitio, durante 2004 se avanzó en el estudio detallado de suelos y la capacidad de uso de tierras en las áreas sembradas con caña de azúcar en el valle del río Cauca, con proyección de entregar los productos esperados hacia finales de 2005. De forma complementaria, se formuló el plan de investigación (2005-2006) para verificar los grupos de humedad, considerando nuevos factores que pueden alterar la expresión de la humedad sobre el cultivo, a fin de realizar los ajustes necesarios en la caracterización de las zonas agroecológicas.

Con respecto a las variedades de caña de azúcar, se cuantificará la interacción variedad por sitio con el objetivo de verificar y afinar los criterios utilizados en la definición de los sitios de selección de variedades. De acuerdo con la metodología vigente en 2004,

en once pruebas regionales cosechadas en diez zonas agroecológicas se observaron siete variedades promisorias en plantilla y once en primera soca. Los ingenios reportaron 1600 hectáreas de semilleros con nuevas variedades identificadas como alternativas en sitios específicos.

En el proceso de investigación fueron sembrados en el campo los primeros clones transgénicos de la variedad CC 84-75, resistente al virus de la hoja amarilla, en un sitio aislado de los cultivos comerciales y en condiciones controladas. Dados los costos y el conocimiento requerido para aplicar la bioinformática en la investigación agrícola, Cenicaña y otros centros de investigación y desarrollo de software se unieron para avanzar en la conformación de un consorcio nacional de bioinformática agrícola. El propósito es contar con una infraestructura tecnológica para analizar y compartir los datos generados en estudios de genómica.

Durante 2004 se registraron incrementos de las poblaciones del insecto barrenador del tallo *Diatraea saccharalis*, especialmente en el sur de la región azucarera. A través del Comité de Control Biológico se coordinan las acciones preventivas y de control. El manejo integral de los insectos es una tarea conjunta de los cultivadores de caña, ingenios y proveedores, para evitar efectos negativos en la producción de caña y azúcar. Cenicaña continuará proporcionando orientación al respecto.

En relación con el manejo agronómico del cultivo se avanzó en la evaluación de los criterios de diseño de campo en zonas húmedas, aspectos relacionados con el manejo de los residuos, la nutrición y fertilización del cultivo en condiciones de caña verde. En un experimento de largo plazo se analizan los cambios en el suelo por la incorporación de los residuos de cosecha; luego de cuatro cortes no se han observado tendencias definidas en las propiedades químicas del suelo, pero se ha confirmado la importancia de los residuos para mejorar sus condiciones físicas y biológicas en el largo plazo.

En sitios específicos se continuaron las experimentaciones para ajustar las dosis de N, P y K en campos cosechados en verde, y precisar las dosis de N en socas y sus efectos en suelos muy húmedos. Se cuantificaron las pérdidas de N por volatilización, con resultados que señalan una reducción de ellas en los campos con residuos. Se observó que las pérdidas de N amoniacal fueron mayores en la medida que los suelos eran más alcalinos, tenían menor contenido de materia orgánica o menor capacidad de intercambio catiónico.

Como apoyo para el manejo adecuado de las vinazas que se generan con la producción de etanol carburante, continuaron las evaluaciones acerca de sus efectos en algunas propiedades químicas de suelos que han recibido aplicaciones de este subproducto por más de 20 años consecutivos, como también los efectos sobre el cultivo, las aguas subterráneas y la microflora del suelo. Con respecto al suministro de K al suelo, las evaluaciones indican que las vinazas son tan eficaces como el cloruro de potasio para aportar este nutrimento al suelo; en algunos suelos se observó que la aplicación de dosis excesivas de vinaza o cloruro de potasio puede afectar negativamente la producción y la calidad de la caña para azúcar.

Las cosechas en 124 hectáreas sembradas con el sistema de surco doble modificado mostraron resultados variables, aunque en general se registraron producciones de caña inferiores y rendimientos superiores con este sistema en comparación con las siembras

a 1.65 m y 1.75 m de distancia entre surcos. Las evaluaciones continúan, y se han sembrado nuevas áreas en las que se incluyen ajustes al sistema de acuerdo con las observaciones realizadas hasta el momento.

En el uso de maduradores se tienen resultados preliminares que muestran un efecto benéfico del madurador sobre la calidad de la caña tanto para la producción de azúcar como de etanol.

En relación con los procesos de fábrica, en 2004 finalizaron las actividades propuestas en 1996 con el objetivo de contribuir a reducir las pérdidas de sacarosa en las etapas comprendidas entre cosecha y molienda y en cristalización. La transferencia y adopción de los resultados han contribuido al logro de los objetivos; las investigaciones sobre el tema continuarán de acuerdo con los requerimientos de la industria.

Los efectos de la materia extraña en el proceso azucarero se evalúan de forma cooperativa con los ingenios; los resultados muestran diferencias en la calidad de la caña y los jugos provenientes de la cosecha manual y de la cosecha mecanizada en verde. Las investigaciones incluyen aspectos de caracterización y diseño en ingeniería mecánica para reducir el desgaste de los equipos de preparación y molienda. En gestión energética se comenzó un proyecto para caracterizar la biomasa de caña utilizada como combustible, tanto bagazo como mezcla de residuos de la cosecha en verde y bagazo, en escenarios con contenidos altos de materia extraña mineral y vegetal.

Los resultados y las proyecciones de la acción de Cenicaña en los procesos de fábrica fueron analizados por los gerentes y superintendentes de fábrica y los jefes de laboratorio y calidad de los ingenios azucareros. Los enfoques propuestos para abordar los temas prioritarios se centran en la transferencia de tecnología, la prestación de servicios específicos y el soporte tecnológico, con énfasis menor en investigación básica y aplicada.

El uso de la tecnología informática para el mantenimiento y la administración de bases de datos, junto con el desarrollo de sistemas interactivos de información, contribuye a fortalecer la capacidad de gestión de información y conocimiento en la agroindustria. El análisis económico y estadístico de los resultados experimentales y comerciales ofrece elementos de apoyo en la investigación, transferencia y adopción de tecnologías. En 2004 se avanzó en la estandarización de los costos de producción en campo, cosecha y fábrica, y en la definición de criterios para estimar la eficiencia económica de la actividad azucarera.

En los años recientes el negocio azucarero se ha visto afectado por las condiciones del entorno. Es claro que el futuro depende de todos. En una industria que ha progresado continuamente, quienes actuamos hoy no debemos ser inferiores a los logros de quienes nos precedieron. Unidos y con objetivos comunes podemos aprovechar mejor las tecnologías actuales de producción y, al mismo tiempo, atender las oportunidades que nos ofrecen la caña y el azúcar para nuevos propósitos con potencial productivo. La interacción y el diálogo de los actores del sector marcarán sin duda el camino hacia las metas económicas y el beneficio social; la convergencia de intereses comunes fortalece la capacidad de acción conjunta en función de la competitividad y el crecimiento sostenible en los años venideros. La tecnología es y será siempre un factor de eficiencia y rentabilidad.

Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca durante 2004

Se presentan los resultados de la producción comercial de la agroindustria azucarera colombiana correspondientes a la caña molida por doce ingenios localizados en el valle del río Cauca, cosechada en tierras con manejo directo de éstos y en tierras de proveedores. Además, se muestra el censo de las variedades de caña de azúcar sembradas, con los cambios debidos a la renovación del cultivo.

Los datos de producción fueron suministrados por los ingenios Central Castilla, Central Tumaco, Carmelita, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda y Sancarlos. Los índices de fábrica no incluyen datos de Central Tumaco ni Carmelita, mientras que el censo de variedades no incluye datos del Ingenio María Luisa.

En comparación con 2003, durante 2004 se registró un incremento de la productividad. Las condiciones meteorológicas fueron favorables para la caña de azúcar y en general permitieron manejar adecuadamente el campo y la cosecha, al tiempo que facilitaron los ajustes en fábrica para sostener el rendimiento. En campo, los indicadores que mostraron incremento fueron el área cosechada, la edad y el número de corte, las toneladas de caña y azúcar por hectárea. En fábrica aumentaron la cantidad de caña molida, la tasa de molienda, la sacarosa aparente en caña, el rendimiento y la producción de azúcar. En 2004 se produjeron 14.9 toneladas de azúcar por hectárea, el volumen anual más alto desde 1980.

Clima

Los nueve primeros meses de 2004 se caracterizaron por una condición climática externa normal, con sobrecalentamiento de las aguas del océano Pacífico tropical; y los tres últimos, por la presencia del fenómeno El Niño de intensidad débil.

La Zona de Convergencia Intertropical registró un comportamiento normal y dio lugar al régimen bimodal de la precipitación característico de la región andina colombiana. Así, se presentaron dos épocas lluviosas (la primera, desde mediados de marzo hasta mediados de junio; y la segunda, desde mediados de septiembre hasta mediados de diciembre) y dos épocas secas (la primera, desde mediados de diciembre hasta mediados de marzo; y la segunda, desde mediados de junio hasta mediados de septiembre).

En términos generales y de acuerdo con los registros de la Red Meteorológica Automatiza (RMA) de la industria azucarera, dadas las condiciones externas mencionadas, 2004 en el valle del río Cauca se puede catalogar como el año más seco de los últimos diez años (80% de humedad relativa), el segundo año menos lluvioso (985 mm) y de mayor oscilación media diaria de la temperatura (11.1 °C) y el tercer año de menor radiación solar (403 cal/cm^{2}xdía) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen comparativo del clima en el valle del río Cauca para los años 1995 a 2004, *vs*. valores multianuales 1994-2004.

Temperatura mínima media (°C)			
Año	**Sem. 1**	**Sem. 2**	**Anual**
Clima 94-04	19.0	18.6	18.8
Años de mayor temperatura mínima			
1998	19.9	18.9	19.4
2003	19.1	18.7	18.9
2002	18.9	18.8	18.9
Años intermedios			
1997	19.0	18.8	18.9
2001	18.8	18.7	18.8
2004	18.9	18.6	18.7
2000	18.8	18.5	18.7
Años de menor temperatura mínima			
1996	18.7	18.4	18.6
1999	18.8	18.4	18.6
1995	18.8	18.5	18.7

Temperatura media (°C)			
Año	**Sem. 1**	**Sem. 2**	**Anual**
Clima 94-04	23.2	23.1	23.1
Años más cálidos			
1998	24.3	23.0	23.6
1997	23.1	23.8	23.5
2002	23.3	23.5	23.4
Años intermedios			
2001	23.1	23.3	23.2
2003	23.4	23.0	23.2
2004	23.4	23.0	23.2
1995	23.3	22.7	23.0
Años más fríos			
1999	22.6	22.5	22.5
2000	22.5	22.8	22.6
1996	22.6	22.7	22.6

Temperatura máxima media (°C)			
Año	**Sem. 1**	**Sem. 2**	**Anual**
Clima 94-04	29.6	29.7	29.6
Años de mayor temperatura máxima			
1998	30.8	29.3	30.1
1997	29.2	30.8	30.0
2002	29.8	30.2	30.0
Años intermedios			
2003	30.1	29.6	29.8
2004	30.0	29.7	29.8
2001	29.6	29.8	29.7
1995	29.9	29.0	29.4
Años de menor temperatura máxima			
1999	28.7	28.7	28.7
2000	28.6	29.2	28.9
1996	28.8	29.2	29.0

Oscilación de temperatura (°C)			
Año	**Sem. 1**	**Sem. 2**	**Anual**
Clima 94-04	10.6	11.0	10.8
Años de mayor oscilación de temperatura			
2002	10.9	11.4	11.2
1997	10.2	12.1	11.1
2004	11.1	11.1	11.1
Años intermedios			
2001	10.8	11.1	11.0
2003	11.0	11.0	11.0
1995	11.0	10.5	10.8
1998	11.0	10.4	10.7
Años de menor oscilación de temperatura			
1999	9.9	10.2	10.1
2000	9.9	10.7	10.3
1996	10.1	10.8	10.5

Humedad relativa (%)			
Año	**Sem. 1**	**Sem. 2**	**Anual**
Clima 94-04	83	82	82
Años más secos			
2004	81	80	80
1997	84	78	81
2003	80	81	81
Años intermedios			
1995	81	83	82
2002	85	80	82
1996	85	82	84
1998	83	84	84
Años más húmedos			
2000	88	86	87
1999	87	86	86
2001	86	84	85

Radiación solar (cal/cm² x día)			
Año	**Sem. 1**	**Sem. 2**	**Anual**
Clima 94-04	412	412	412
Años de mayor radiación			
1995	430	417	423
1997	417	429	423
2002	413	429	421
Años intermedios			
2001	421	419	420
2003	426	410	418
1996	410	421	416
1998	416	403	410
Años de menor radiación			
2000	389	397	393
1999	404	402	403
2004	413	403	408

Precipitación (mm)			
Año	**Sem. 1**	**Sem. 2**	**Anual**
Clima 94-04	662	542	1204
Años menos lluviosos			
2001	527	458	985
2004	461	559	1020
1995	521	582	1103
Años intermedios			
2002	602	535	1137
2003	550	604	1153
1997	774	421	1196
1998	655	576	1231
Años más lluviosos			
1999	820	633	1453
1996	906	530	1436
2000	841	538	1380

Clima 2003, 2004 y año climatológico 1994-2004									
Variable	**2003**			**2004**			**Clima 1994-2004**		
	Sem.1	**Sem.2**	**Año**	**Sem.1**	**Sem.2**	**Año**	**Sem.1**	**Sem.2**	**Año**
Temperatura mínima media (°C)	19.1	18.7	18.9	18.9	18.6	18.7	19.0	18.6	18.8
Temperatura media (°C)	23.4	23.0	23.2	23.4	23.0	23.2	23.2	23.1	23.1
Temperatura máxima media (°C)	30.1	29.6	29.8	30.0	29.7	29.8	29.6	29.7	29.6
Oscilación de temperatura (°C)	11.0	11.0	11.0	11.1	11.1	11.1	10.6	11.0	10.8
Humedad relativa (%)	80	81	81	80	80	80	83	82	82
Radiación solar (cal/cm² x día)	426	410	418	413	403	408	412	412	412
Precipitación (mm)	550	604	1153	461	559	1020	662	542	1204

Precipitación

Durante 2004 se mantuvieron las tendencias de régimen bimodal características de la región andina colombiana, de manera que se presentaron dos temporadas lluviosas y dos temporadas secas. Aunque la precipitación acumulada durante cada temporada fue muy similar al promedio del período para los últimos once años (1994-2004), en los registros de cada mes se observaron variaciones importantes. Los meses con mayor variación fueron agosto y diciembre con lluvias escasas (64% y 74% de los valores acostumbrados, respectivamente); febrero, marzo y junio con lluvias muy escasas (entre 30% y 40%); julio y octubre con lluvias abundantes (más de 130%) (Figura 1).

Debido a que el primer trimestre fue de precipitaciones muy escasas (56%) y el segundo trimestre de lluvias normales (82%), el primer semestre de 2004 se constituyó, en promedio para toda el área, en un período de precipitaciones por debajo de lo normal, equivalentes al 70% de los valores habituales. El segundo semestre fue normal en términos de precipitación (104%). De acuerdo con los registros de la RMA (1994-2004) sólo 1995, 2003 y 2004 se han caracterizado por ser más lluviosos en el segundo semestre que en el primero (Figura 2, Cuadro 1).

Radiación solar

Los valores más frecuentes de esta variable durante 2004 oscilaron entre 350 cal/cm²xdía y 450 cal/cm²xdía, de acuerdo con los registros mensuales de las 29 estaciones de la RMA (Figura 3).

Todos los meses fueron normales con respecto a los valores medios climatológicos. En el primer semestre el valor medio diario de la radiación fue 413 cal/cm² mientras que en el segundo semestre fue 403 cal/cm².

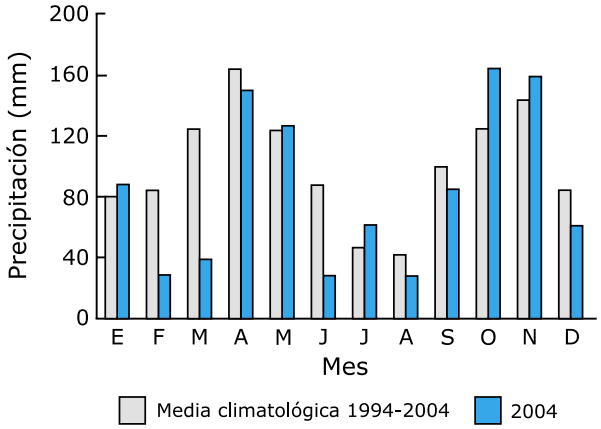


Figura 1. Precipitación mensual promedio para el valle del río Cauca. Año 2004 *versus* media climatológica 1994-2004. RMA.

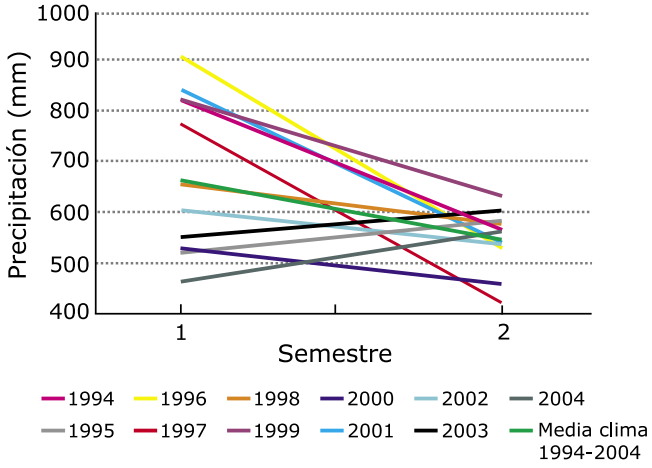


Figura 2. Precipitación semestral promedio para el valle del río Cauca. Período 1994-2004, RMA.

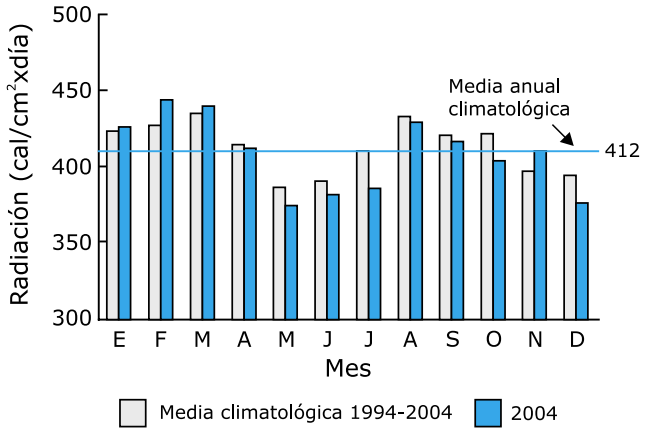


Figura 3. Radiación solar media diaria mensual promedio para el valle del río Cauca. Año 2004 *versus* media climatológica 1994-2004. RMA.

Productividad

Durante los cuatro últimos años el clima de la región se ha caracterizado por períodos normales (2001) y períodos con la combinación de condiciones normales y el fenómeno El Niño (2002 a 2004). Estas características facilitaron la realización de las labores de siembra, cultivo, renovación y cosecha, favorecieron la germinación y el desarrollo de las plantaciones y contribuyeron al incremento de la producción de caña. En las épocas previas a la cosecha estas condiciones climáticas ayudaron a aumentar y sostener el rendimiento, así como a mejorar la calidad de la caña y la eficiencia en fábrica.

En el período 2001-2004 se registró un incremento de 23 t/ha en la producción de caña; entre 2002 y 2004 el incremento fue de 6 t/ha, mientras que en 2003 y 2004 las producciones fueron prácticamente iguales. En 2004 el rendimiento comercial en azúcar aumentó en 0.1 unidades en relación con 2003. Los datos de clima muestran que en el segundo semestre la precipitación fue superior en más de 100 mm con respecto al primer semestre, tal como sucedió en 2003 (Cuadro 2). No obstante, a diferencia del año anterior, en 2004 el rendimiento siguió la tendencia histórica y fue mayor en el segundo semestre, aunque esta diferencia fue apenas de 0.1 unidades. El promedio de la producción de azúcar por hectárea fue mayor en el primer semestre, lo cual se atribuye más a la producción de caña por hectárea que al rendimiento (Cuadro 3).

Cuadro 2. Indicadores de productividad de la industria azucarera colombiana, 2003 y 2004. Datos de doce ingenios.

Indicadores	Año		Diferencia (%) 2003-2004
	2003	2004	
Área sembrada (ha)	198,038	197,013	-0.5
Área neta cosechada (ha)	170,002	172,237	1.3
Número de suertes cosechadas	20,253	21,390	5.6
Edad de corte (meses)	13.7	14.0	2.2
Toneladas de caña por hectárea (TCH)	126	127	0.2
Toneladas de caña por hectárea-mes (TCHM)	9.4	9.2	-2.1
Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	14.7	14.9	1.4
Toneladas de azúcar por hectárea-mes (TAHM)	1.09	1.08	-0.9
Total de toneladas de caña	21,479,703	21,810,976	1.5
Total de toneladas de azúcar	2,500,500	2,551,444	2.0
Rendimiento comercial (% caña)	11.7	11.8	0.9
Número de corte	4.1	4.3	4.9
Precipitación anual (mm)*	1153	1020	-11.5
Oscilación media diaria de la temperatura (^{0}C)*	11.0	11.1	0.1°C
Radiación solar media diaria (cal/cm^2 por día)*	418	408	-2.4
Condición climática externa	Normal (sobrecalentamiento)	Normal y Niño débil (sobrecalentamiento)	—

* Valores multianuales Red Meteorológica Automatizada (1994-2004): precipitación media anual de 1204 mm; oscilación media diaria anual de la temperatura de 10.8 °C; radiación solar media diaria anual de 412 cal/cm^2 por día.

Cuadro 3. Productividad por semestre en la agroindustria azucarera colombiana, 2003 y 2004. Datos de doce ingenios.

Semestre	2003				2004			
	Precipitación (mm)	TCH	Rto. (%)	TAH	Precipitación (mm)	TCH	Rto. (%)	TAH
Primero	550	123	11.7	14.4	461	129	11.7	15.1
Segundo	604	129	11.6	15.0	559	125	11.8	14.7
Totales y promedios	1153	126	11.7	14.7	1020	127	11.8	14.9

Con el objetivo de estimar la contribución de diez factores de cultivo sobre las variaciones en TCH, rendimiento y TAH se utilizó la técnica de modelos lineales. Los factores analizados estuvieron determinados por las variables zona agroecológica, variedad de caña, edad de cosecha, edad de cosecha al cuadrado, número de corte, clima I (clima durante la cosecha anterior), clima II (durante los primeros dos mes de desarrollo del cultivo), clima III (entre 5-10 meses) y clima IV (dos meses antes de la cosecha). Se analizó también la interacción zona agroecológica x variedad de caña.

La zona agroecológica, la variedad de caña y la interacción zona x variedad contribuyeron con el 87% de la variación explicada para TCH, con el 55% para rendimiento y con el 71% para TAH. Otros factores con efecto sobre el rendimiento fueron la edad de cosecha (29%) así como las distintas clasificaciones del clima que, en su conjunto, explicaron el 15% de las variaciones. La edad de cosecha fue el segundo factor de importancia en las variaciones de TAH, con una contribución de 21% en la explicación (Figura 4).

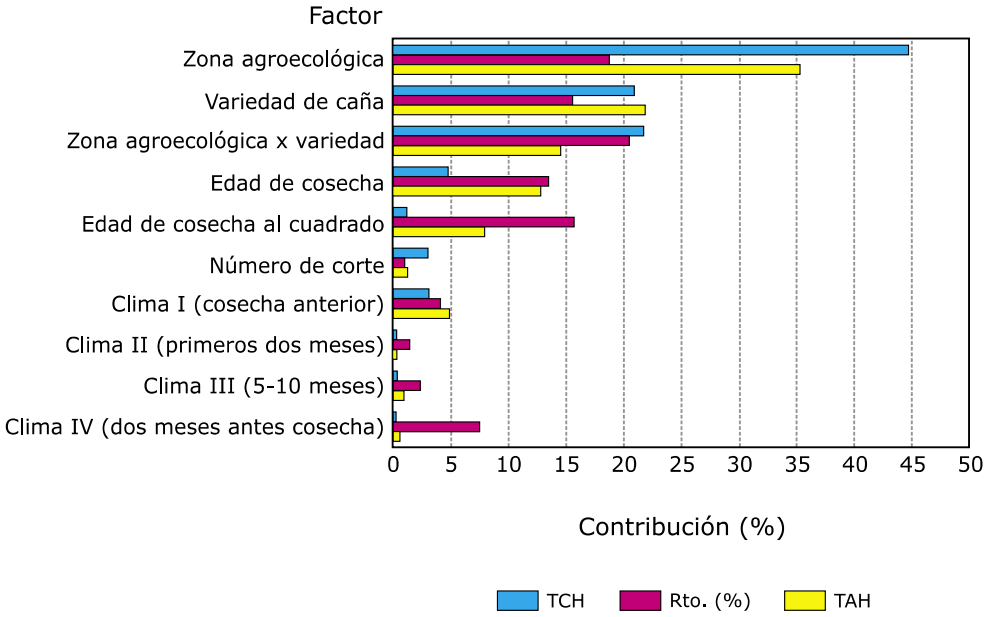


Figura 4. Contribución de nueve factores de cultivo sobre las variaciones de la productividad en toneladas de caña por hectárea (TCH), rendimiento en azúcar (%) y toneladas de azúcar por hectárea (TAH). Colombia, 2004.

Utilizando los criterios estadísticos del Sistema de Información para el Manejo de Caña Específico por Sitio (Simces) (Cenicaña, 2004), se presenta la distribución del área cosechada entre 1999 y 2004 según tres niveles de productividad. Para el efecto, las suertes clasificadas en un grupo homogéneo (suertes con el mismo suelo dentro de una zona agroecológica) fueron calificadas en niveles bajo, medio o alto de acuerdo con los resultados anuales de TCH y rendimiento y su comparación con los resultados promedios multianuales (1990-2004) de todas las suertes del grupo homogéneo respectivo. Las cifras por año corresponden a la suma del área de las suertes calificadas según cada nivel de productividad (Cuadro 4).

El análisis señala mejoras en la productividad del sector a partir de 2002, año durante el cual se consiguieron resultados de productividad medios y altos en el 63% del área cosechada. En 2003 y 2004 el área con estos niveles ascendió a 66% y 70%, respectivamente. Las cifras entre 1999 y 2001 (período caracterizado por el fenómeno climático de La Niña) muestran que, en promedio, sólo en el 43% del área se tenían resultados por encima del nivel bajo (Cuadro 4). En el examen de la información por ingenio en 2004 se observaron resultados variables y, aunque no todos los ingenios mejoraron en la misma proporción, se identificaron empresas con el 48% del área en el nivel alto.

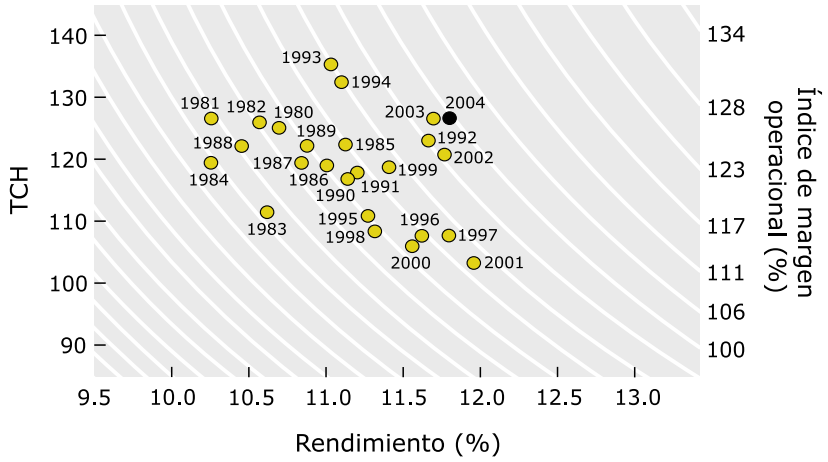
Cuadro 4. Distribución del área cosechada entre 1999 y 2004 según tres niveles de productividad.

Año	Porcentaje de área cosechada según nivel de productividad		
	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto
1999	47	32	21
2000	58	29	13
2001	57	28	15
2002	37	35	28
2003	34	36	30
2004	30	34	36

Cambios en las producciones de caña y azúcar

Las producciones de caña y azúcar aumentaron levemente durante 2004 con relación a 2003, como también el rendimiento comercial en fábrica. Se produjeron 14.9 toneladas de azúcar por hectárea (TAH), una cantidad mayor en 1.4% a la obtenida en 2003 y en 5% a la obtenida en 2002. Esta producción es la más alta desde 1980 y, a diferencia de la alcanzada en 1993, un año con fenómeno El Niño en el primer semestre y normal en el segundo, fue obtenida con un rendimiento mayor y una producción de caña menor, lo que implica menores costos en la producción de azúcar. Es importante resaltar que desde el año 2000 el rendimiento ha sido mayor de 11.5 % (Figura 5).

Entre enero y julio de 2004 las toneladas de caña por hectárea (TCH) fueron mayores que las obtenidas en los mismos meses de 2003; a partir de agosto fueron menores. En enero el promedio fue de 131 TCH y en diciembre, de 120 TCH. Entre las causas de estas variaciones se puede señalar que las diferencias en el número de corte entre 2003 y 2004 fueron mayores en el segundo semestre y que las suertes cosechadas después de agosto de 2004 venían de un corte anterior que coincidió con la época de mayores lluvias (marzo-junio de 2003). La edad de cosecha fue mayor en 2004, aunque las diferencias comenzaron a disminuir en el segundo semestre hasta tener en diciembre edades iguales que en 2003. El rendimiento conservó su estacionalidad con los valores más altos en el segundo semestre y se caracterizó por haber sido, a partir de marzo, mayor o igual que en 2003 (Figura 6).



Año	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
TAH	13.4	13.0	13.3	11.8	12.3	13.6	13.1	12.9	12.8	13.3	13.0	13.2	14.3	14.9	14.7	12.5	12.5	12.7	12.3	13.6	12.3	12.4	14.2	14.7	14.9

Figura 5. Curvas de isomargen de la agroindustria azucarera colombiana, período 1980-2004.

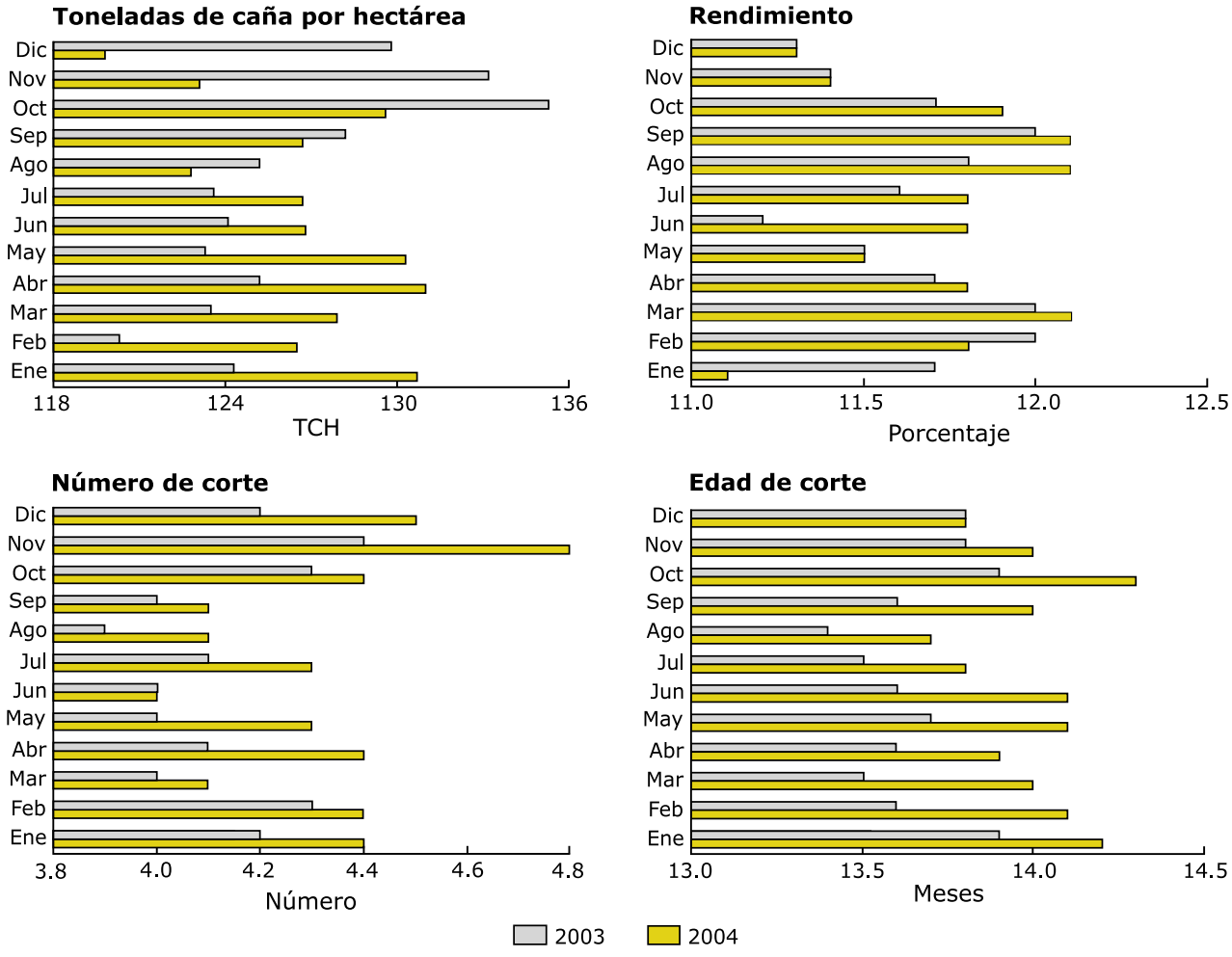


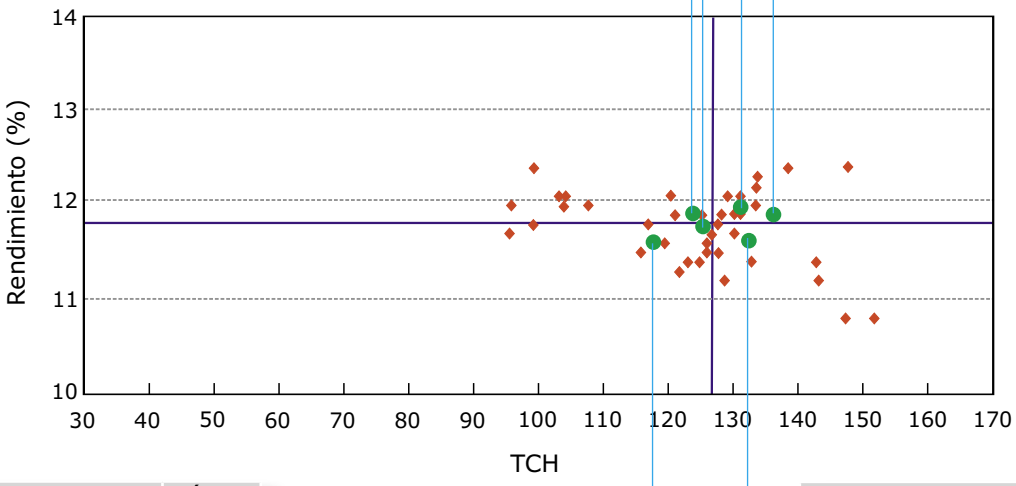
Figura 6. Producción de caña, rendimiento comercial en azúcar, edad y número de corte de la caña cosechada, 2003 y 2004. Colombia. Datos de doce ingenios.

Con el fin de estudiar en detalle la productividad durante 2004, se elaboraron diagramas de dispersión de la producción de caña (127 TCH promedio sector) y el rendimiento (11.8%) según zonas agrológicas y variedades cosechadas, considerando también la relación beneficio-costo.

El diagrama de dispersión de las TCH y el rendimiento en las diferentes zonas agroecológicas se presenta en la Figura 7. Se observa que en 15 zonas agroecológicas se cosechó el 34.6% del área con promedios de TCH y rendimiento superiores o iguales al promedio de la industria y una relación beneficio-costo entre 1.4 y 1.6, con predominio de las zonas 2C0 y 6C0, caracterizadas por condiciones secas y suelos de alta fertilidad (ver cuadrante superior derecho). En el otro extremo aparecen nueve zonas con promedios de TCH y rendimiento inferiores al promedio de la industria (22.2% del área cosechada), ocho de ellas con una relación beneficio-costo entre 1.4 y 1.6 y la zona 10C4 con beneficio-costo entre 1.2 y 1.4; predominaron las zonas 9C3, 9C4, 9C2 y 5C2, la primera caracterizada por condiciones de humedad media y suelos de fertilidad baja.

Z_Agro inferiores al promedio en TCH y superiores en Rto.	Área (%)
6C1	10.7
5C1	6.2
7C2, 10C1, 3C1, 3C2, 10C2, 9C5, 8C5, 10C5, 3C3, 3C0, 3C4	9.2
Total	26.1

Z_Agro superiores al promedio en TCH y Rto.	Área (%)
2C0	9.8
6C0	8.3
1C0	3.9
1C1	3.1
4C1, 7C3, 1C2, 7C1, 5C5, 2C4, 5C0, 8C1, 4C0, 6C3, 8C0	9.5
Total	34.6



Z_Agro inferiores al promedio en TCH y en Rto.	Área (%)
9C3	6.6
9C4	3.5
9C2	3.3
5C2	3.1
8C2, 5C3, 10C3, 8C3, 10C4	5.7
Total	22.2

Z_Agro superiores al promedio en TCH e inferiores en Rto.	Área (%)
2C1	7.5
6C2	3.0
9C1, 2C3, 10C0, 2C5, 5C4, 4C2, 4C3, 8C4, 4C4	6.6
Total	17.1

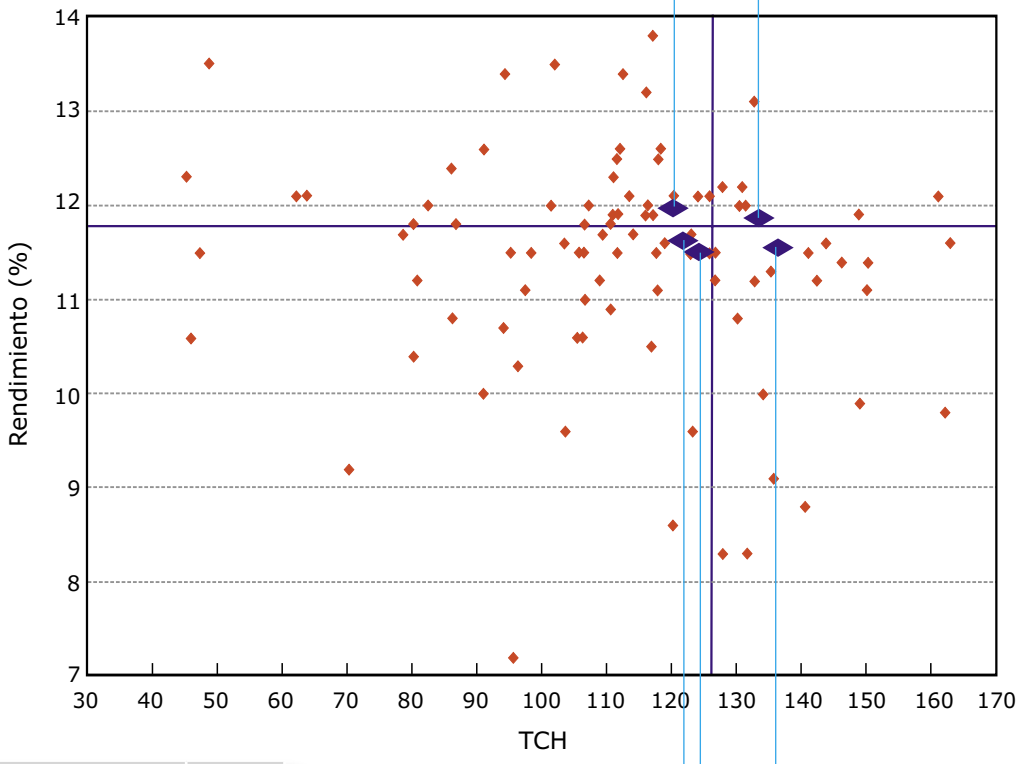
Con azul: 1.4 ≤ relación beneficio-costo ≤ 1.6
Con rojo: 1.2 ≤ relación beneficio-costo ≤ 1.4

Figura 7. Diagrama de dispersión de los promedios de producción de caña y rendimiento en azúcar por zona agroecológica. Agroindustria azucarera colombiana, año 2004. Datos de doce ingenios.

El diagrama de dispersión de los resultados de producción según las variedades más cosechadas se presenta en la Figura 8. Se observa que en el 54% del área cosechada se obtuvieron producciones superiores al promedio de la industria, con predominio de la variedad CC 85-92 (52.8% del área) que mantuvo una relación beneficio-costo entre 1.4 y 1.6. En el otro extremo aparecen las variedades CC 84-75 y V 71-51 con valores de TCH y rendimiento inferiores al promedio del sector y una relación beneficio-costo entre 1.4 y 1.6. Las variedades ubicadas en los dos cuadrantes restantes tuvieron una participación baja en el área cosechada.

Variedades inferiores al promedio en TCH y superiores en Rto.	Área (%)
MZC 74-275	4.4
Total	6.5

Variedades superiores al promedio en TCH y Rto.	Área (%)
CC 85-92	52.8
Total	54.0



Variedades inferiores al promedio en TCH y en Rto.	Área (%)
CC 84-75	15.9
V 71-51	10.5
Otras en áreas muy pequeñas	13.1
Total	39.5

Variedades superiores al promedio en TCH e inferiores en Rto.	Área (%)
PR 11-41	0.12
Total	0.40

Con azul: 1.4 ≤ relación beneficio-costo ≤ 1.6

Figura 8. Diagrama de dispersión de los promedios de TCH y rendimiento en azúcar (%) por variedad. Agroindustria azucarera colombiana, año 2004. Datos de doce ingenios.

Variedades de caña de azúcar

La variedad CC 85-92 fue la de mayor participación en el área cosechada, seguida por CC 84-75 y V 71-51. Ninguna de las variedades con más de 1% del área total superó el promedio de índice de margen operacional (IMO) de CC 85-92, la cual fue cosechada en 47 de 48 zonas agroecológicas. No obstante, se observan zonas donde las variedades CC 84-75, CC 87-505 y CC 87-434 presentan valores altos de IMO, por lo que pueden ser alternativas en sitios específicos (Cuadros 5 y 6).

Cuadro 5. Producción e índice de margen operacional de las principales variedades de caña de azúcar cosechadas por la agroindustria azucarera colombiana durante 2004. Datos de doce ingenios.

Variedad	Área (%)	IMO[a] (%)	TCH	Rto. (%)	TAH	Edad (meses)	Corte (no.)
MZC 84-04	0.7	108	128	12.2	15.5	13.8	3.2
CC 85-92	52.8	105	132	11.9	15.6	13.9	3.6
MZC 82-11	0.6	104	124	12.1	15.0	13.6	6.8
MZC 74-275	4.4	100	120	12.0	14.4	14.4	7.4
PR 61-632	4.4	96	123	11.7	14.4	13.8	5.7
CC 84-75	15.9	94	123	11.6	14.2	14.0	3.7
CC 87-434	1.0	92	112	11.9	13.3	14.3	4.3
V 71-51	10.5	92	123	11.5	14.2	13.9	6.6
Varias	2.9	91	119	11.6	13.8	14.7	3.9
CC 87-505	0.8	89	110	11.8	13.1	14.1	2.3
RD 75-11	2.1	79	106	11.5	12.2	14.3	6.2
Co 421	1.0	69	111	10.9	12.0	13.8	6.4
CC 84-56	0.2	65	117	10.5	12.3	14.2	5.4
Promedio sector	97.4	100	127	11.8	14.9	14.0	4.3
Desviación estándar							
Mínima			20.0	0.9	2.0	1.0	1.0
Máxima			31.7	1.2	3.6	2.8	5.5

a. IMO: Índice de margen operacional, tomando como base el promedio de doce ingenios.

Cuadro 6. Comparación de cuatro variedades de caña por zona agroecológica, con base en el índice de margen operacional. Industria azucarera colombiana, 2004.

Zona agroecológica	Área (ha)	CC 85-92		CC 84-75		CC 87-434		CC 87-505	
		Área (%)	IMO (%)[a]	Área (%)	IMO (%)	Área (%)	IMO (%)	Área (%)	IMO (%)
10C0	1324	0.3	100	0.08	91	—	—	0.02	**108**[b]
10C1	3836	0.9	93	0.79	**99**	0.01	**99**	0.01	**99**
10C2	1329	0.3	103	0.20	89	—	—	0.004	79
10C3	1489	0.3	99	0.22	85	—	—	—	—
10C4	620	0.1	91	0.11	71	—	—	0.005	**79**
10C5	360	0.1	107	0.01	97	0.001	**74**	—	—
1C0	6708	2.3	111	0.23	108	0.1	**92**	—	—
1C1	5368	1.9	110	0.42	97	—	—	—	—
1C2	853	0.3	114	0.08	**117**	—	—	—	—
2C0	16,906	5.3	111	0.60	93	0.1	120	—	—
2C1	12,869	4.0	104	1.10	95	0.1	**91**	0.08	**59**
2C2	3843	1.2	100	0.16	99	0.1	102	—	—
2C3	1838	0.4	100	0.11	94	0.003	**36**	—	—
2C4	235	0.1	105	0.02	84	0.01	**101**	—	—
2C5	318	0.1	102	0.04	**104**	—	—	—	—
3C0	144	0.03	108	0.03	74	—	—	—	—
3C1	2531	0.6	100	0.59	78	0.01	**72**	0.01	**88**
3C2	1809	0.5	99	0.24	94	—	—	0.00	**98**
3C3	313	0.1	96	0.06	61	—	—	—	
3C4	59	—	—	—	—	—	—	0.037	80
4C0	2984	0.9	109	0.05	82	0.02	86	—	—
4C1	1848	0.5	105	0.21	98	0.02	88	—	—
4C2	156	0.1	94	—	—	—	—	—	—
4C3	45	0.02	95	0.01	84	—	—	—	—
4C4	28	0.01	111	0.01	46	—	—	—	—
5C0	10	0.01	117	—	—	—	—	—	—
5C1	10,752	4.1	103	1.12	95	0.1	**93**	0.10	**90**
5C2	5281	2.0	95	0.33	87	0.01	**86**	0.01	**54**
5C3	2436	1.0	91	0.21	87	0.03	**88**	0.03	**67**
5C4	309	0.1	98	0.01	65	—	—	—	—
5C5	256	0.05	103	0.04	99	0.01	**99**	0.01	—
6C0	14,256	4.3	110	1.06	95	0.1	**103**	0.09	—
6C1	18,387	5.0	105	2.17	97	0.1	106	0.08	**96**
6C2	5148	1.6	105	0.41	94	0.02	81	0.02	**114**
6C3	2091	0.5	110	0.14	100	0.04	**101**	0.04	**84**
7C1	824	0.3	105	0.12	103	—	—	—	—
7C2	4167	0.8	102	0.61	92	0.02	**97**	0.02	**77**
7C3	1399	0.4	114	0.11	112	0.01	**103**	0.01	**95**
8C0	2017	0.6	113	0.11	111	—	—	—	—
8C1	3824	1.2	106	0.50	101	0.02	**97**	0.02	**89**
8C2	4687	1.6	100	0.47	91	0.04	102	0.04	108
8C3	634	0.2	98	0.07	67	0.003	60	0.00	—
8C5	519	0.02	95	0.12	89	—	—	—	—
9C1	3610	1.1	105	0.18	98	—	—	—	—
9C2	5556	1.6	100	0.65	86	0.02	**69**	0.02	—
9C3	11,442	3.3	96	1.64	94	0.04	**86**	0.04	**89**
9C4	6075	1.3	95	1.11	90	0.05	101	0.05	**46**
9C5	711	0.1	106	0.10	92	—	—	0.00	**96**

a. IMO: Índice de margen operacional, tomando como base el promedio de doce ingenios.
b. Con negrilla, valores que superan a la variedad CC 85-92 en IMO en la zona agroecológica indicada.
— Sin datos (variedad con menos del 1% del área cosechada)

Aunque el área sembrada con caña de azúcar en el valle del río Cauca disminuyó en 0.5% entre 2003 y 2004, se registraron incrementos de 7.6% con CC 85-92 y 32.3% con CC 87-505. Las otras variedades principales disminuyeron su participación durante 2004 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Variedades de caña de azúcar sembradas por la agroindustria azucarera colombiana a 31 de diciembre de 2004. Datos de trece ingenios.

Variedades	Área sembrada 2003		Área sembrada 2004		Diferencia (%) 2003-2004
	ha	%	ha	%	
CC 85-92	102,061	50.8	109,859	55.8	7.6
CC 84-75	31,570	15.7	31,301	15.9	-0.9
V 71-51	21,069	10.5	18,145	9.2	-13.9
MZC 74-275	9282	4.6	6430	3.3	-30.7
PR 61632	9144	4.5	8197	4.2	-10.4
Miscelánea	5421	2.7	3703	1.9	-31.7
RD 7511	5170	2.6	4534	2.3	-12.3
CC 87-434	2171	1.1	1706	0.9	-21.4
Co 421	1778	0.9	1643	0.8	-7.6
MZC 82-11	1266	0.6	954	0.5	-24.7
CC 87-505	1476	0.7	1952	1.0	32.3
MZC 84-04	1500	0.7	1282	0.7	-14.5
CC 93-7510	—	—	945	0.5	—
CC 92-2198	—	—	551	0.3	—
CC 84-56	—	—	412	0.2	—
Otras variedades	6132	3.1	5398	2.8	
Área total	198,038	100.0	197,013	100.0	-0.5

Procesos de fábrica

Los indicadores del proceso de fábrica corresponden a valores totales y promedios ponderados de diez ingenios que participan en el sistema de intercambio de información estandarizada.

Según los registros históricos, 2004 se caracterizó por ser uno de los mejores años en molienda de caña y elaboración de azúcar. La cantidad de caña molida fue superior en 414,857 t con respecto a 2003, lo cual se debió, en gran parte, al incremento de la tasa de molienda que pasó, en promedio, de 5842 t/día a 5908 t/día (Figura 9).

En 2004 se produjeron 77,850 t más de azúcar que en 2003 (Figura 10), debido a la mayor cantidad de caña molida y al incremento de la sacarosa aparente en caña que pasó de 13.33% a 13.55%.

El valor mensual de esta última variable, utilizado como un indicador de la calidad de la caña, fue mayor entre febrero y diciembre de 2004 con respecto a los mismos meses de 2003; en enero fue inferior, debido a precipitaciones mayores en ese mes de 2004 (Figura 11). La fibra en caña presentó una tendencia similar a 2003 (Figura 12) con los valores más altos en abril y mayo, meses con precipitaciones que superaron las del año anterior.

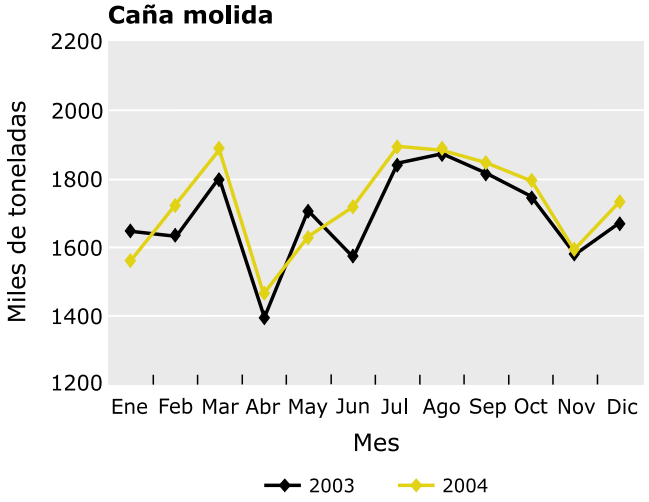


Figura 9. Caña molida por la industria azucarera colombiana, 2003 y 2004. Datos de diez ingenios.

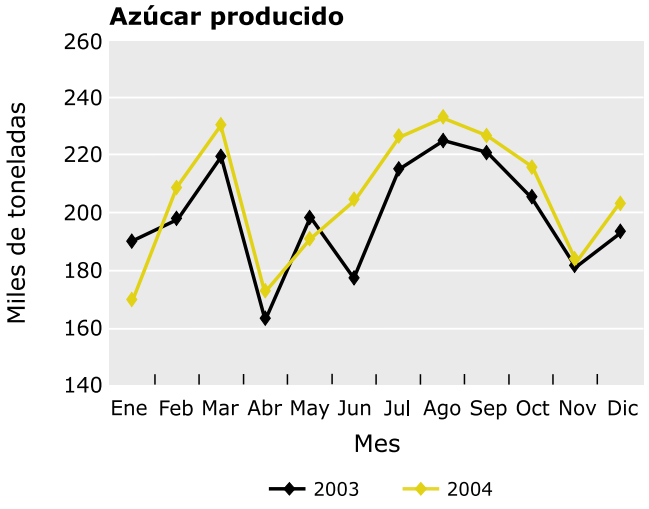


Figura 10. Azúcar producido por la industria azucarera colombiana, 2003 y 2004. Datos de diez ingenios.

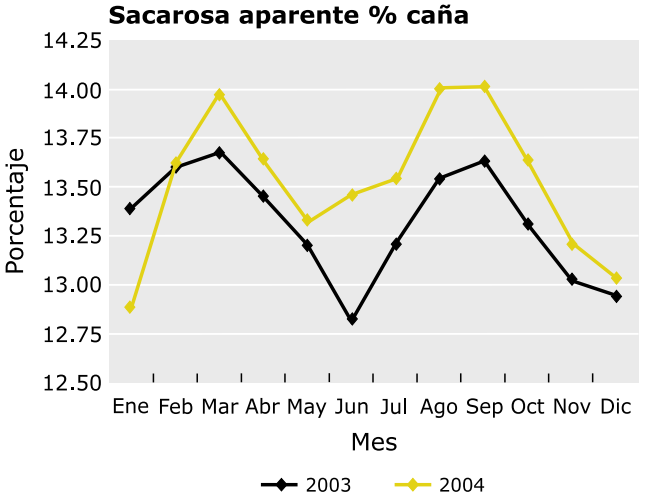


Figura 11. Sacarosa aparente % caña en la industria azucarera colombiana, 2003 y 2004. Datos de diez ingenios.

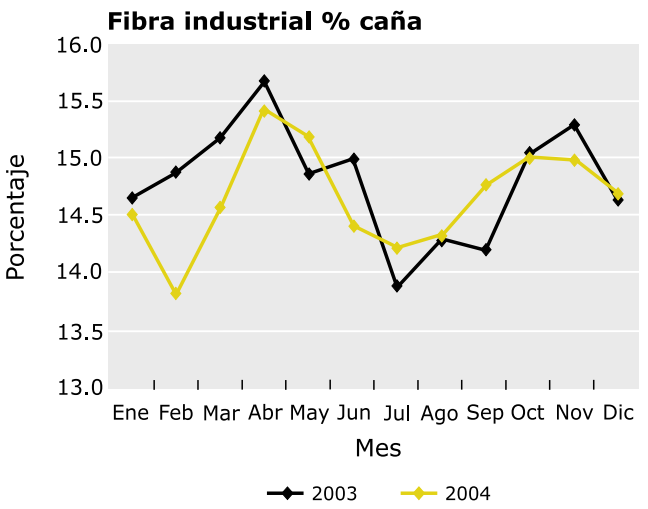


Figura 12. Fibra industrial % caña en la industria azucarera colombiana, 2003 y 2004. Datos de diez ingenios.

Variedad CC 93-3895

CC 92-2198

CC 93-4418

CC 93-3826

Programa de Variedades

La misión de este programa es mejorar la productividad y la rentabilidad de la industria azucarera por medio de variedades con contenidos de sacarosa mejores y menos variables y producciones de caña estables a través de los cortes. El desarrollo de una variedad con estas características es posible mediante la integración del conocimiento de investigadores, técnicos y productores de la agroindustria en las diferentes áreas.

En agosto de 2004 la Junta Directiva aprobó la Política de Manejo de las Variedades Obtenidas por Cenicaña. En ella se establecen las pautas para la selección, multiplicación, evaluación, definición de paquetes de manejo agronómico y protección de los derechos de obtentor de las variedades Cenicaña Colombia (CC), así como las condiciones de entrega a los cultivadores de caña nacionales y de los países interesados.

En el proceso de investigación, durante el año se cosecharon plantillas y primeras socas de las pruebas regionales sembradas con variedades de las series 92, 93 y 94 y variedades de un grupo especial de las series 93, 95, 96 y 98. Se caracterizaron aquellas con mayor contenido de sacarosa en comparación con los testigos, así como las de mayor producción de caña. Fueron notorias las variaciones en producción de caña según la zona agroecológica.

Uno de los avances de mayor interés para la agroindustria es el traslado al campo de los primeros clones transgénicos de la variedad CC 84-75, resistente al virus de la hoja amarilla (ScYLV). Los resultados experimentales señalan que con el mejoramiento genético se pueden lograr resultados óptimos para el control del virus, cuya incidencia aumentó significativamente durante el último año en el valle del río Cauca.

En relación con la sanidad vegetal también se tienen novedades acerca de la dinámica poblacional del barrenador del tallo *Diatraea saccharalis*. La aparición de brotes de la plaga, especialmente en el sur de la región azucarera, es una voz de alerta sobre la necesidad de fortalecer las acciones de manejo integral de los insectos para garantizar la sanidad de los cultivos de caña y su productividad.

Un complemento indispensable de cada clon o variedad producida es la documentación pertinente acerca del paquete tecnológico de manejo agronómico en las zonas donde la variedad tiene el mejor potencial productivo y de rentabilidad. Se presentan los resultados de avance con cinco variedades en ocho zonas agroecológicas.

Mejoramiento y selección de variedades

La selección de nuevas variedades se realiza en sitios representativos de zonas semisecas, húmedas y de piedemonte (Victoria, *et al.*, 2002), definidos de acuerdo con la tercera aproximación de la zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca (Carbonell, *et al.*, 2001).

Las variedades que se utilizan como progenitores se tienen en la Estación Experimental de Cenicaña y los cruzamientos se programan de acuerdo con las características relevantes requeridas en cada zona de selección. Mediante convenio con la Estación de Cruzamientos de la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera de México (CNIAA), se realizaron en Tapachula, Chiapas, 418 cruzamientos para iniciar el primer estado de selección en la Estación Experimental de Cenicaña. En 112 cruzamientos intervino alguna de las 33 variedades CC enviadas a México para el efecto; 114 cruzamientos fueron biparentales (Figura 13).

Figura 13.

Cruzamientos biparentales utilizando faroles en la Estación Experimental de Cruzamientos de la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera (CNIAA), Tapachula, Chiapas, México. Convenio CNIAA-Cenicaña.

En cuanto a los avances en la selección de nuevas variedades, se cosecharon plantillas y primeras socas de las pruebas regionales de las series 92, 93, 94 y de un grupo especial conformado por variedades de las series 93, 95 y 98. Se utilizan como testigos las variedades CC 84-75, CC 85-92, MZC 74-275 y PR 61-632.

Las mejores variedades de la serie 92 en primera soca fueron CC 92-2188, CC 92-2965 y CC 92-2198. Los experimentos están sembrados en la hacienda Zainera del Ingenio Mayagüez, en un suelo Ricaute (Inceptisols) de la zona agroecológica 6C0; en la hacienda San Rafael del Ingenio Pichichí, en un suelo Esneda (Vertisols) de la zona agroecológica 6C1; y en la hacienda Santa Lucía del Ingenio Risaralda, suelo Santa Lucía (Entisols) de la zona agroecológica 10C3 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Variedades Cenicaña Colombia de la serie 92 destacadas en pruebas regionales, primera soca.

Ingenio Risaralda, hacienda Santa Lucía, zona agroecológica 10C3				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 92-2188	22.5	165	13.7	13.8
CC 84-75	18.8	142	13.3	13.8
CC 85-92 (testigo)	19.1	148	12.8	13.8

Ingenio Pichichí, hacienda San Rafael, zona agroecológica 6C1				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 92-2198	16.6	116	14.1	13.8
CC 92-2965	16.3	116	14.0	13.8
CC 85-92 (testigo)	15.5	113	13.7	13.8
MZC 74-275 (testigo)	13.7	93	14.7	13.8

Ingenio Mayagüez, hacienda Zainera, zona agroecológica 6C0				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 92-2188	24.5	145	16.8	13.8
CC 92-2965	24.3	145	16.8	13.8
CC 85-92 (testigo)	20.7	127	16.0	13.8
MZC 74-275 (testigo)	19.1	109	17.3	13.8
PR 61-632 (testigo)	21.8	141	15.4	13.8

Las variedades destacadas de las series 93 y 94 en plantilla y primera soca fueron CC 93-3826, CC 93-3803, CC 93-3801, CC 93-4326, y CC 93-3895. Las pruebas están sembradas en la hacienda Cascajal del Ingenio Manuelita, suelo Palmira (Mollisols) de la zona agroecológica 1C0; en la hacienda Lorena del Ingenio Pichichí, suelo Nima-Pradera (Mollisols) de la zona agroecológica 3C2; en la hacienda Providencia del Ingenio Providencia, suelo Nima-Pradera (Mollisols) de la zona agroecológica 3C1; en la hacienda Orocué de Incauca, suelo Líbano (Mollisols húmedo) de la zona agroecológica 5C1; y en la hacienda Cachimbalito de Incauca, suelo Puerto Tejada (Inceptisols) de la zona agroecológica 9C4 (Cuadros 9 y 10).

En el grupo especial de las series 93, 95 y 98 sobresalieron en plantilla las variedades CC 93-744, CC 95-6202, CC 98-68, CC 98-72, CC 93-7510 y CC 95-6014. Los experimentos están sembrados en la hacienda Mayagüez del Ingenio Mayagüez, suelo Manuelita (Mollisols) de la zona agroecológica 2C0; en la hacienda Venecia del Ingenio Riopaila, suelo Burrigá-Ingenio (Vertisols húmedo); y en la hacienda Santa Lucía del Ingenio Providencia, suelo Galpón (Vertisols) de la zona agroecológica 6C0 (Cuadro 11).

Cuadro 9. Variedades Cenicaña Colombia de las series 93 y 94 destacadas en pruebas regionales, plantilla.

Ingenio Manuelita, hacienda Cascajal, zona agroecológica 1C0				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 93-4418	25.7	157	16.4	13.0
CC 93-3803	23.6	147	16.1	13.0
CC 93-3826	24.8	141	17.6	13.0
CC 85-92 (testigo)	22.7	148	15.4	13.4

Ingenio Pichichí, hacienda Lorena, zona agroecológica 3C2				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 93-3826	18.4	102	18.0	13.0
CC 93-3801	17.3	99	18.1	13.0
CC 94-5446	17.2	101	16.8	13.0
CC 84-75 (testigo)	18.4	111	16.5	13.0
CC 85-92 (testigo)	18.1	111	16.3	13.0

Ingenio Providencia, hacienda Providencia, zona agroecológica 3C1				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 94-5782	21.1	133	15.9	13.4
CC 93-4418	19.5	131	14.9	12.8
CC 84-75 (testigo)	20.7	144	14.4	14.1
CC 85-92 (testigo)	18.0	128	14.1	13.6

Ingenio Incauca, hacienda Cachimbalito, zona agroecológica 9C4				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 93-3826	28.8	178	16.2	14.0
CC 94-5782	28.4	174	16.3	14.6
CC 84-75 (testigo)	33.0	213	15.5	14.6

Ingenio Incauca, hacienda Orocué, zona agroecológica 5C1				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 93-4326	24.8	154	16.1	12.6
CC 93-4418	22.9	160	14.3	12.6
CC 93-3895	22.5	156	14.4	12.5
CC 84-75 (testigo)	19.4	143	13.6	11.7
CC 85-92 (testigo)	20.2	142	14.2	12.4

Cuadro 10. Variedades Cenicaña Colombia de las series 93 y 94 destacadas en pruebas regionales, primera soca.

Ingenio Manuelita, hacienda Cascajal, zona agroecológica 1C0				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 93-3803	20.0	149	13.4	13.0
CC 93-3817	23.2	146	15.8	13.0
CC 93-4183	21.7	144	15.8	13.0
CC 93-4418	23.7	161	14.7	13.0
CC 94-5480	23.0	143	16.0	13.0
CC 85-92 (testigo)	20.6	140	14.7	13.0

Ingenio Pichichí, hacienda Lorena, zona agroecológica 3C2				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 93-3826	16.5	105	15.8	13.0
CC 93-4183	16.9	105	16.1	13.0
CC 93-4418	16.3	99	16.6	13.0
CC 94-5446	16.8	100	16.4	13.0
CC 94-5827	16.8	100	16.8	13.0
CC 84-75 (testigo)	18.0	115	15.7	13.0
CC 85-92 (testigo)	19.2	116	16.5	13.0

Ingenio Providencia, hacienda Providencia, zona agroecológica 3C1				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 93-3826	18.6	121	15.2	14.0
CC 94-5446	19.2	128	15.8	14.0
CC 84-75	21.4	145	14.9	14.0
CC 85-92	19.1	130	14.7	14.0

Incauca, hacienda Orocué, zona agroecológica 5C2				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 93-3803	16.1	132	12.2	12.0
CC 93-3826	15.3	105	14.3	12.0
CC 93-4418	12.8	119	11.2	12.0
CC 84-75 (testigo)	11.4	88	12.0	12.0
CC 85-92 (testigo)	12.2	104	11.5	12.0

Cuadro 11. Variedades Cenicaña Colombia de las series 93, 95 y 98 (grupo especial) destacadas en pruebas regionales, plantilla.

Ingenio Mayagüez, hacienda Mayagüez, zona agroecológica 2C0				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 93-744	24.3	162	15.0	14.2
CC 95-6202	26.3	184	14.3	14.2
CC 98-72	26.7	176	15.1	14.2
CC 85-92 (testigo)	25.7	176	14.6	14.2

Ingenio Riopaila, hacienda Venecia, zona agroecológica 7C2				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 93-7510	16.8	108	15.5	13.1
CC 95-6014	19.5	122	15.9	13.1
CC 98-68	16.9	110	15.4	13.1
CC 98-72	15.8	104	15.2	13.1
CC 85-92 (testigo)	17.6	111	15.8	13.1

Ingenio Providencia, hacienda Santa Lucía, zona agroecológica 6C0				
Variedad	**TSH**	**TCH**	**Sacarosa % caña**	**Edad de cosecha (meses)**
CC 98-68	21.7	155	14.0	13.1
CC 98-72	22.6	151	15.0	13.1
CC 85-92 (testigo)	21.4	145	16.0	13.1

Biotecnología

Las actividades en 2004 estuvieron relacionadas con la identificación de marcadores moleculares asociados con la resistencia de la caña de azúcar al virus de la hoja amarilla (ScYLV), la evaluación en campo de plantas transgénicas de la variedad CC 84-75 y la iniciación en el uso de la bioinformática como herramienta para la investigación biotecnológica.

En la búsqueda de marcadores moleculares asociados con la resistencia o susceptibilidad al ScYLV se usó una población del cruzamiento entre CC 84-75, susceptible y empleada como madre, y RD 75-11, resistente y empleada como padre. La población se inoculó con el virus en los años 2003 y 2004 utilizando el vector *Melanaphis sacchari*. Se estableció una relación entre individuos resistentes y susceptibles de 2.3:1 a los 6 meses de edad. Lo anterior muestra que la resistencia a la enfermedad es transmitida genéticamente y es un carácter dominante entre los individuos de la progenie.

La progenie fue analizada molecularmente mediante la evaluación de los primeros 35 individuos con 34 microsatélites; los microsatélites fueron clasificados en tres categorías (alto, medio y bajo) según el grado de polimorfismo. Como resultado del análisis y la amplificación del iniciador 08 DUQ se observó una banda posiblemente asociada con resistencia, con un tamaño aproximado de 150 pb. En el caso del iniciador CIR 43 se observó una banda asociada con susceptibilidad presente en la madre y el grupo de individuos susceptibles, que pesa alrededor de 300 pb. Estos marcadores podrán ser utilizados en los procesos de selección de variedades.

Plantas transgénicas de CC 84-75 identificadas como resistentes al ScYLV en el invernadero de bioseguridad, fueron multiplicadas y trasladadas al campo para evaluar sus propiedades agronómicas y la resistencia al patógeno. Las líneas transgénicas se encuentran sembradas en la hacienda Piedechinche del Ingenio Providencia, aisladas de cultivos comerciales. Aquellas con mayor grado de resistencia al virus y mejores producciones de caña y azúcar serán seleccionadas para sembrarlas en un área mayor, en un sitio aislado. De acuerdo con las observaciones, algunas líneas presentan un desarrollo similar al de la variedad original (Figura 2).

La bioinformática es una herramienta que fortalece la investigación biotecnológica. Cenicaña ha promovido en Colombia la fundación de un consorcio nacional de bioinformática agrícola, objetivo en que se avanzó mediante la unión temporal del Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat), el Parque Tecnológico de Software (ParqueSoft), el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia (IBUN) y Cenicaña.

Además del uso de la informática en los procesos de lectura de geles, análisis de poblaciones segregantes y evolución filogenética, durante el último año se evaluaron los requerimientos de hardware y software para el uso de bibliotecas de secuencias genéticas accesibles a través de Internet.

Figura 2.

Variedad CC 84-75 sin transformar (izquierda) y transformada (derecha). Se aprecia la similitud fenotípica de los dos materiales.

Sanidad vegetal

Incluye el desarrollo de actividades y proyectos de investigación en patología y entomología, con el fin de proteger la sanidad de los cultivos y desarrollar metodologías de evaluación y control de enfermedades y plagas.

Patología

Doce variedades australianas se recibieron en la estación de cuarentena cerrada del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Tibaitatá, donde además permanecen en segundo ciclo de crecimiento las variedades importadas de México y Brasil en 2003.

A la Estación Experimental de Cenicaña se enviaron doce variedades de Mauricio y Sudáfrica que cumplieron la cuarentena cerrada, las cuales se tienen en invernadero hasta el momento de practicarles termoterapia y multiplicación in vitro. En la estación de cuarentena abierta, hacienda Piedechinche del Ingenio Providencia, se encuentran sembradas ocho variedades de la colección mundial de Miami, de Australia y Brasil.

Evaluaciones de incidencia del virus de la hoja amarilla en las variedades utilizadas para cruzamientos proporcionaron información de apoyo para el conocimiento del virus y para el proceso de selección de nuevas variedades. El diagnóstico se llevó a cabo en 119 variedades (una parcela por variedad) utilizadas en los cruzamientos para zonas semisecas. De acuerdo con los resultados, el 61% de las variedades se identificaron como resistentes (no se encontró el virus), el 8% como intermedias (entre 8% y 50% de plantas afectadas) y el 31% como susceptibles (más del 50% de plantas afectadas).

Al banco de germoplasma in vitro se introdujeron 69 variedades libres de patógenos, completando así un total de 450. Las variedades importadas y aquellas necesarias para la formación de semilleros de fundación tienen prioridad en el proceso de limpieza, a fin de evitar el ingreso de patógenos exóticos o la diseminación de enfermedades.

Se suministraron 130,600 plántulas a los ingenios para el establecimiento de semilleros sanos, producidas en la Estación Experimental de Cenicaña mediante cultivo in vitro o yemas extraídas. Se entregaron yemas de ocho variedades a tres entidades nacionales que apoyan la siembra de caña para panela.

Entomología

Durante los últimos años se han registrado poblaciones de diferentes insectos en sitios específicos del área dedicada al cultivo de la caña, en niveles que han demandado atención sanitaria y nuevos estudios. En 2004 no se registraron daños debidos a la polilla habana, *Paradirphia* sp.

El barrenador del tallo *Diatraea* spp., reconocido como la principal plaga de la caña en el valle del río Cauca, se detectó en 15 de 30 suertes evaluadas en cuatro ingenios del sur (Central Castilla, Incauca, María Luisa y Mayagüez). En cada suerte se tomaron al azar 120 tallos de las chorras de caña al momento de la cosecha. La evaluación del daño mostró que más del 5% de los entrenudos de los tallos incluidos en la muestra de cada suerte estaban barrenados. Se destaca el incremento de individuos de la especie *D. saccharalis* en comparación con *D. indigenella*, esta última identificada como predominante en la zona.

Se programa realizar un diagnóstico concertado con todos los ingenios azucareros para conocer la situación real de los campos y definir así estrategias de control que contribuyan a mantener bajas las poblaciones de la plaga en toda el área de influencia de la industria.

Adultos de *Caligo illioneus*, cuyas larvas defolian la caña, fueron detectados en altas poblaciones en Incauca (sur del valle) y en algunos sectores de los ingenios Manuelita y Providencia (centro), como indicio de que se estaba consolidando un nuevo brote de la plaga. En la hacienda Marsella del Ingenio Providencia, en trampas de bolsa plástica fueron capturados hasta 400 individuos en cuatro días.

Tres meses de después del primer muestreo, el número de adultos capturados disminuyó en los ingenios del centro y fue muy bajo en el ingenio del sur. Las medidas de control fueron definidas en el Comité de Control Biológico de la agroindustria. En los Grupos de Transferencia de Tecnología de los ingenios Incauca, Manuelita, Mayagüez y Providencia se divulgaron los conocimientos sobre el insecto y sus formas de control.

Las poblaciones de *Sipha flava*, el pulgón amarillo, en general se mantuvieron bajas y sólo en el Ingenio Riopaila se presentaron brotes en algunos campos. De acuerdo con la orientación de las investigaciones, en 2004 se inició la caracterización de las variedades CC de diferentes series en relación con la resistencia o susceptibilidad al insecto, la cual se incluirá como requisito en la selección de nuevas variedades.

Se establecieron los ciclos de vida de *Leucochrysa* sp.2, *Ceraeochrysa claveri* y *Ceraeochrysa cubana*, las tres especies nativas de crisopas más frecuentes en caña de azúcar en el valle del río Cauca. Para la producción comercial de los depredadores se definieron algunos requerimientos nutricionales y ambientales que mejoraron los procesos de cría con dieta de *Sitotroga cerealella*. Así, se realizaron ajustes en la cantidad de huevos de *S. cerealella* requeridos como alimento por las larvas para cumplir su desarrollo, lo que permitió obtener una cantidad mayor de adultos; se refinó la dieta empleada mediante la adición de germen de trigo, con lo cual se incrementó la cantidad de huevos; se confirmó la importancia de mantener estable la humedad relativa en los cuartos de cría.

Con fines de precisar el control integrado, en casa de malla se evaluaron seis insecticidas de origen vegetal, una cepa de *Lecanicillium* (= *Verticillium*) *lecani* y Carrier® como coadyuvante. Sólo el Arriero Botánico®, insecticida de origen vegetal, parece promisorio y será evaluado a escala semicomercial.

Manejo preventivo del salivazo *Mahanarva bipars* es el nombre del proyecto cooperativo que comenzó en abril de 2004 con la cofinanciación de Colciencias y Cenicaña. Como entidades ejecutoras están el ICA, la Federación Nacional de Productores de Panela (Fedepanela) y Cenicaña. Al finalizar el año se habían caracterizado los estados de desarrollo del insecto y su distribución en la planta de caña de azúcar.

Desarrollo de paquete tecnológico

Los componentes del paquete tecnológico para el manejo agronómico de las variedades se definen mediante experimentos sembrados con una sola variedad, en los que se integran diferentes factores, así como a través de pruebas de manejo de nitrógeno y potasio sembradas con distintas variedades.

Experimento de paquete tecnológico con la variedad CC 87-505

Tiene como objetivo determinar las mejores prácticas agronómicas relacionadas con distancia de siembra (bandereo), fertilización con nitrógeno (N) y potasio (K), uso de madurador y edad óptima de cosecha para esta variedad en la zona agroecológica 10C1.

El experimento está sembrado en la hacienda Providencia del Ingenio Providencia, en un suelo Pradera (Inceptisols), en un diseño factorial con una repetición para evaluar dos niveles de bandereo (12 y 14 m), dos niveles de N (100 y 140 kg/ha), dos niveles de K (45 y 60 kg/ha), dos niveles de madurador (con él y sin él) y tres niveles de edad de cosecha (12, 13 y 14 meses).

Las cosechas de la primera soca se hicieron el 26 de marzo de 2004 (12.1 meses), el 1 de junio (13.1 meses) y el 28 de julio (14 meses). Se detectó interacción significativa entre el madurador y la edad en función de las toneladas de caña y sacarosa por hectárea (TCH y TSH), con la mejor respuesta al cosechar a los 13.1 meses sin aplicar madurador. Los resultados en TSH fueron estadísticamente similares al cosechar a los 13.1 meses con madurador que a los 14 meses con madurador o sin él. El valor más bajo de TSH se obtuvo en la cosecha a los 12.1 meses sin madurador.

No se presentaron efectos significativos debidos a los niveles bandereo, nitrógeno ni potasio, por lo cual se concluye que la variedad CC 87-505 se puede sembrar con distancia de bandereo de 14 m y fertilizar con dosis de 100 kg/ha de N y 45 kg/ha de K en sitios con las condiciones del experimento.

Pruebas de manejo de N y K

El propósito de las pruebas de manejo es precisar las dosis de N y K más adecuadas para las variedades en cada sitio, utilizando parcelas semicomerciales. Así, se completaron los dos primeros cortes de las variedades CC 84-56, CC 84-75, CC 85-92, CC 87-434, CC 87-505, CC 89-2000 y V 71-51 en las zonas agroecológicas 1C0, 4C1, 5C2, 6C2, 6C3, 7C2 y 10C1.

En general, las respuestas al N en la primera soca variaron entre medianas y altas, lo que justificaría aplicar entre 150 y 250 kg de N/ha. En suelos muy arcillosos, con contenidos de materia orgánica medianos o bajos, se justificaría aplicar entre 200 kg/ha en los suelos secos del orden Vertisols (6C2) y 250 kg/ha en los suelos húmedos (7C2 y 6C3). En suelos secos de los órdenes Alfisols (10C1) y Mollisols (1C0 y 4C1) con contenidos medianos de materia orgánica, la respuesta al N fue mediana y se justificaría aplicar hasta 150 kg de N/ha; las dosis superiores tendieron a aumentar la producción de caña pero disminuyeron los contenidos de sacarosa.

La respuesta al K dependió principalmente del contenido de K intercambiable del suelo; en suelos con contenidos bajos (<0.20 cmol/kg) o medianos (0.20–0.40 cmol/kg) de K intercambiable se presentaron respuestas desde medianas hasta muy altas, es decir que las variedades respondieron a dosis entre 60 kg y 180 kg de K_2O/ha.

En suelos con contenidos altos de K intercambiable (>0.40 cmol/kg) ninguna de las variedades evaluadas respondió al K aplicado al suelo. Sólo se obtuvieron respuestas altas en seis pruebas sembradas en suelos con contenidos medianos de K y relaciones (Ca+Mg)/K mayores que 75:1. Esta relación se utilizará como factor para determinar las dosis de K recomendadas para el cultivo de la caña en los suelos del valle del río Cauca.

Programa de Agronomía

Las investigaciones adelantadas por el Programa de Agronomía están dirigidas a reducir los costos de producción mediante el desarrollo de la tecnología requerida para mejorar la productividad y la calidad de la caña de azúcar. Las áreas de trabajo son manejo de aguas, nutrición vegetal y fertilización, manejo de suelos, prácticas de cultivo, control de la maduración y mecanización agrícola.

Frente al compromiso adquirido por la industria azucarera de cosechar la caña sin quemar, el Programa ha liderado el macroproyecto "Caña Verde", en el cual se han desarrollado investigaciones de tipo interdisciplinario con el propósito de generar una tecnología adecuada para el manejo de la caña verde. El macroproyecto ha contado con el apoyo económico de Colciencias y está próximo a concluir; sin embargo, es necesario considerar que el componente de la caña verde se debe mantener hacia el futuro en las investigaciones de Cenicaña.

Los avances de la investigación durante 2004 se relacionan con el diseño de campo en zonas húmedas, el aporte de nutrimentos de los residuos de la cosecha en verde y sus implicaciones en la fertilidad del suelo, y el impacto ambiental de la vinaza y su uso como fertilizante en el cultivo de la caña de azúcar.

Diseño de campo para las zonas húmedas

Para la cosecha de la caña en verde se requieren nuevos criterios de diseño de los campos con el fin de mejorar la eficiencia de los equipos de cultivo y cosecha y de los sistemas de riego y drenaje. Los diseños utilizados actualmente ocasionan demoras que representan más del 20% de tiempo total perdido en el campo por los equipos, en labores de cultivo y cosecha.

Los criterios de diseño de campo se establecieron de acuerdo con el régimen de precipitación, mediante evaluaciones cooperativas con los ingenios Incauca, Manuelita y Mayagüez. En las zonas de precipitación baja a moderada (800 a 1300 mm/año) se enfocaron hacia la cosecha y el riego (Cenicaña, 1999 y 2003) y en las zonas con precipitación anual mayor que 1300 mm, hacia el mejoramiento del drenaje superficial y de las condiciones para la cosecha (Cenicaña, 2001). En el Ingenio Manuelita, con los nuevos criterios de diseño se registran disminuciones de 32% en los tiempos perdidos por las cosechadoras de un surco en giros y paso de callejones e incrementos de 41% en la eficiencia de campo de las máquinas.

Con el fin de verificar los requerimientos de diseño propuestos para las zonas húmedas, en 2002 se inició la evaluación comercial en un lote del Ingenio La Cabaña (hacienda Taula-Chimán, suertes 60 a 63), donde la precipitación anual es mayor de 1600 mm, el suelo es arcilloso con drenaje pobre (Puerto Tejada, zona agroecológica 9C4) y se presentan excesos de humedad mayores que 400 mm por año.

La disminución en la longitud de los surcos, la nivelación y la construcción de drenes secundarios abiertos con espaciamiento de 150 m, han mejorado el drenaje superficial y subterráneo en las suertes 61, 62 y 63. Estos mismos lotes, con el diseño anterior, presentaban encharcamientos en toda el área durante los meses lluviosos, aumentando los costos por concepto de desagüe manual. Con el nuevo diseño, los encharcamientos se presentan solamente en el 25% del área y el costo de la mano de obra para los desagües se ha reducido en 50%.

Los colectores de drenaje usados actualmente en la hacienda Taula-Chimán permiten abatir el nivel freático en 80% del área en menos de una semana; sin embargo, aún subsisten algunos problemas de drenaje superficial y niveles freáticos altos, especialmente en los tres tablones localizados en el extremo norte de las suertes 61 y 63. Es necesario, entonces, construir drenes entubados en el extremo más bajo de los lotes y en dirección perpendicular a los surcos y realizar el trazado de drenajes topo con pendiente mínima de 0.4% en todas las calles del campo.

Se ha logrado un mejoramiento significativo de las condiciones de drenaje superficial, pero las producciones de caña continúan afectadas negativamente por los niveles freáticos superficiales.

Nutrición y fertilización

Además de las investigaciones relacionadas con el manejo eficaz del nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) en los sistemas de producción que incluyen la presencia en el campo de los residuos de la cosecha de caña verde, se adelantan investigaciones para usar fuentes orgánicas de nutrimentos provenientes de los subproductos generados en los procesos de producción de azúcar y etanol. Se realizaron ajustes al Sistema Experto de Fertilización (SEF) para la recomendación de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar en los suelos del valle del río Cauca.

Cambios en el suelo por la incorporación de residuos

Con la incorporación al suelo de los residuos de la cosecha, a lo largo de los cortes, se busca disminuir el deterioro y aumentar los contenidos de materia orgánica y de la mayoría de los nutrimentos para mejorar las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, lo cual necesariamente repercutirá en mayores producciones y en el sostenimiento de éstas. A largo plazo se espera reducir los requerimientos de fertilizantes debido al aporte de los residuos al suelo.

En este experimento se evalúan tres cantidades de residuos de cosecha y seis tratamientos de fertilización con N, P y K en un suelo Palmeras (Vertic Ustropepts), arcilloso, de reacción casi neutra, con contenidos medianos de materia orgánica y contenidos altos de P disponible y K intercambiable, que corresponde en este sitio a la zona agroecológica 8C1.

Las evaluaciones realizadas en la tercera soca de la variedad CC 85-92 muestran que las respuestas a las aplicaciones de N, P y K aumentaron con el incremento del número de corte, independientemente de la cantidad de residuos de cosecha. Las menores producciones de caña y de azúcar se obtuvieron con el tratamiento testigo sin aplicación

de nutrimentos, efecto que puede estar relacionado con el N, dado que en general en este sitio el P y el K no han limitado la producción de caña debido a sus altos contenidos en el suelo.

Aunque los residuos dejados en el campo han variado entre 16 t/ha y 38 t/ha para la cantidad sencilla de residuos y entre 22 t/ha y 88 t/ha para la cantidad doble, los efectos observados en las propiedades químicas del suelo no han mostrado tendencias definidas en los tres primeros cortes. Los análisis químicos de estos residuos muestran relaciones C:N de 36:1 y contenidos de 0.66% de N, 0.10% de P, 1.34% de K, 0.40 % de calcio (Ca) y 0.20 de magnesio (Mg) con base en el material seco, lo cual confirma la importancia de incorporar los residuos de la cosecha al suelo, por el mejoramiento de las condiciones físicas y biológicas de éste a largo plazo. Se ha programado mantener indefinidamente este experimento en la Estación Experimental de Cenicaña.

Ajustes a las recomendaciones de N, P y K en caña verde

En los ingenios azucareros se adelanta una investigación similar a la anterior pero sin variar las cantidades de residuos dejados en el campo. Los residuos de cosecha son acomodados siguiendo el sistema de encalle al 2x1, en el cual se alternan dos entresurcos sin residuos y uno con residuos.

El mejoramiento de la fertilidad del suelo por la incorporación sucesiva de los residuos de la cosecha de caña verde influirá en la respuesta del cultivo a las aplicaciones de estos tres nutrimentos y en las dosis recomendadas.

Esta experimentación se lleva cabo en los ingenios Incauca y Manuelita con la variedad CC 85-92 y comienza en plantaciones de primera soca donde se evalúan 12 tratamientos con diferentes dosis de N, P y K durante cuatro cortes, con la posibilidad de ampliarla hasta diez cortes.

En Incauca se utiliza un suelo Río La Paila (Fluventic Hapludolls), franco-arcillo-arenoso, medianamente ácido, con contenidos bajos de materia orgánica, medianos de P disponible y bajos de K intercambiable, correspondiente a la zona agroecológica 5C1. En el Ingenio Manuelita el experimento se estableció en un suelo Palmira (Pachic Haplustolls), franco-arcillo-arenoso, casi neutro, con contenidos medianos de materia orgánica, P disponible y K intercambiable, correspondiente a la zona agroecológica 1C1.

Las evaluaciones de la primera soca mostraron mayor respuesta en el desarrollo del cultivo en el suelo Río La Paila que en el suelo Palmira. En el suelo Palmira, las respuestas de la primera soca a las aplicaciones de N, P y K fueron bajas en producción de caña y azúcar y se pueden explicar principalmente por las buenas condiciones físicas que caracterizan este suelo y por el contenido de 3.93% de materia orgánica que está muy cerca del nivel alto.

En el suelo Río La Paila las producciones de caña y de azúcar tendieron a aumentar cuando se incrementaron las cantidades de fertilizantes, sin alcanzar significancia estadística ni justificar dosis superiores a 150 kg de N/ha. Debido al contenido bajo de K intercambiable del suelo, la respuesta al K fue mayor que la respuesta al P.

Dosis diferenciales de N en socas con residuos de cosecha

Esta experimentación busca introducir un nuevo factor de corrección para precisar la dosis de N en cultivos de caña de azúcar donde los residuos de cosecha han sido encallados al 2x1. La hipótesis es que se pueden prevenir las posibles deficiencias de N en los surcos de caña afectados por la presencia de residuos de cosecha mediante el uso de dosis de N incrementadas en 20%, 40% ó 60% en relación con las dosis básicas usadas en campos sin residuos.

Para el efecto, se están evaluando tres dosis básicas de 100, 150 y 200 kg de N/ha aplicadas a los 45 días después de la cosecha de la caña en los entresurcos sin residuos y dosis con los incrementos mencionados en los entresurcos con residuos. Los experimentos se desarrollan con la variedad CC 85-92 en un suelo Galpón (Typic Pellusterts) de textura arcillosa, casi neutro, con contenidos medianos de materia orgánica, en la zona agroecológica 6C0, y en un suelo Río La Paila (Fluventic Hapludolls), franco arenoso, medianamente ácido, con contenidos bajos de materia orgánica, en la zona agroecológica 5C2.

Los resultados de la primera soca no mostraron diferencias estadísticas entre las producciones obtenidas con los tratamientos evaluados. Sin embargo, se observó que las respuestas al N variaron de acuerdo con el contenido de materia orgánica del suelo, mientras que las respuestas a las dosis incrementadas dependieron de la respuesta a la dosis básica de N aplicada inicialmente.

En el suelo Río La Paila, caracterizado por contenidos bajos de materia orgánica, las mayores producciones de caña y azúcar se obtuvieron en los surcos sin residuos al aplicar 100 kg de N/ha, dosis que se debe incrementar a 140 kg (40%) en los surcos con residuos. En el caso de aplicar dosis básicas de 150 kg de N/ha, el suplemento en surcos con residuos deberá ser de 20% para completar 180 kg de N/ha. Con estos incrementos se compensa en gran parte el N consumido por los microorganismos encargados de la descomposición de los residuos de la cosecha de caña en verde.

Fertilización con N en suelos muy húmedos

En las zonas sur y norte del valle del río Cauca, caracterizadas por las altas precipitaciones, generalmente se afecta el desarrollo de la caña de azúcar debido a los excesos de humedad.

Para precisar los efectos de las dosis adicionales de N aplicadas en banda superficial a los tres meses de edad del cultivo, en el desarrollo, la producción y la calidad de la caña en los suelos húmedos, se lleva a cabo esta investigación en la cual se evalúan, en socas, tres dosis básicas de N (100, 150 y 200 kg/ha) aplicadas a los 45 días después del corte y cinco dosis adicionales de N (0, 25, 50, 75 y 100 kg/ha) aplicadas a los 90 días después del corte.

El experimento está sembrado con la variedad CC 84-75 y se desarrolla en un suelo Juanchito (Vertic Tropic Fluvaquents) de textura arcillosa, medianamente ácido y con contenidos medianos de materia orgánica, ubicado en la zona agroecológica 9C4.

La longitud de los tallos molederos y las producciones de caña y azúcar aumentaron con el incremento de las dosis básicas y de las dosis adicionales. El contenido de sacarosa en los tallos tendió a disminuir con el incremento de la dosis básica de N.

Dadas las limitaciones de producción de este sitio experimental, las producciones más altas (112 t/ha) se obtuvieron con la dosis de 200 kg de N/ha a los 45 días más una dosis de 75 kg de N/ha a los 90 días, aplicadas en banda superficial. Con la misma dosis básica de 200 kg/ha y dosis adicional de 50 kg/ha la producción de caña se incrementó en 26 t/ha; mientras que las aplicaciones adicionales de 50 kg/ha contribuyeron con 30 t/ha de caña. Las dosis adicionales de N no afectaron los contenidos de sacarosa en los tallos molederos; por lo tanto, el uso de dosis adicionales de N para plantaciones cuyo desarrollo es restringido por excesos de humedad durante los primeros estados de crecimiento parece bastante promisorio.

Pérdidas de N por volatilización

Debido a que el nitrógeno es el nutrimento más importante para la caña de azúcar en los suelos de la parte plana del valle del río Cauca, un objetivo de la investigación en fertilización es mejorar la eficacia de la urea aplicada al suelo.

Durante 2004, en condiciones controladas de invernadero se evaluaron los métodos analíticos micro-Kjeldahl y potenciométrico para determinar las pérdidas de N por volatilización y los efectos de algunos factores del suelo y las formas de aplicación del N en la volatilización del amoniaco proveniente de la urea aplicada al suelo.

Los resultados no mostraron diferencias entre los métodos utilizados. Con el método potenciométrico, en el cual se utiliza un electrodo selectivo de amoniaco, se obtuvo un alto grado de precisión en la cuantificación de las pérdidas de N volatilizado.

Las pérdidas de N amoniacal dependieron de la forma de aplicación y disminuyeron significativamente en suelos con cobertura de residuos de cosecha cuando la urea se aplicó en banda e incorporada. Las pérdidas variaron entre 13.1% y 22.2% cuando el N se aplicó en banda superficial, mientras que con la aplicación en banda e incorporación al suelo oscilaron entre 0.2% y 1.8% del N aplicado.

En un suelo franco-arcilloso, las pérdidas de N por volatilización de la urea aplicada en banda e incorporada bajaron de 1.77% a 0.56% cuando se colocó sobre el suelo una capa de residuos de cosecha.

Se observó que las posibilidades de pérdida de N amoniacal fueron mayores en la medida en que los suelos eran más alcalinos, tenían menor contenido de materia orgánica o menor capacidad de intercambio catiónico.

Efectos acumulados de las aplicaciones sucesivas de vinaza

En la industria azucarera existe interés especial en el manejo adecuado de las vinazas que se generarán cuando empiecen a funcionar las destilerías que algunos ingenios azucareros instalarán en los departamentos de Cauca, Risaralda y Valle del Cauca.

Con el propósito de evaluar los efectos de las aplicaciones de vinaza en las propiedades del suelo, en las poblaciones de microorganismos del suelo, en la productividad y calidad de la caña de azúcar y en las aguas subterráneas, se ha venido adelantando un estudio en los ingenios Manuelita y Riopaila, en las áreas donde se han aplicado vinazas de 10% de sólidos totales durante más de 20 años consecutivos.

En 2004 se continuó, por un corte más, la determinación de los efectos de las aplicaciones sucesivas de vinaza en algunas propiedades químicas de varios suelos de los órdenes Mollisols, Inceptisols y Vertisols, y en la calidad de la caña y las producciones de caña y azúcar de las variedades CC 85-92, CC 85-68, MZC 74-275 y V 71-51.

En el cultivo

En las suertes cosechadas durante 2004, el promedio de la producción de caña aumentó en 10% (tres pares de suertes del Ingenio Riopaila) y en 8% (otros tres pares de suertes del Ingenio Manuelita). En cuanto a la calidad de la caña, hubo poca variación en el rendimiento y la pureza del jugo, pero en cuatro pares de suertes se incrementaron los contenidos de azúcares totales reductores (ATR) y de K en el jugo, mientras que en cinco pares de suertes se incrementaron los contenidos de cenizas en el jugo.

Es importante mencionar que la vinaza de 10% se ha aplicado como fertigación en estos suelos y en cantidades muy altas. Estas dosis altas y la fertigación no se utilizarán con las vinazas que se generarán en las nuevas destilerías.

En las aguas subterráneas

Como los suelos del Ingenio Manuelita donde se han realizado aplicaciones de vinaza por más de 20 años tienen texturas más gruesas (franco-arcillosas) que los suelos del Ingenio Riopaila (arcillosas), en el año 2004 se establecieron cuatro pozos de monitoreo para determinar los efectos de la vinaza en las aguas subterráneas. Para este propósito se contó con la participación de la Corporación Autónoma Regional de Valle del Cauca (CVC).

Los primeros análisis de calidad del agua subterránea muestran ligeros incrementos en los contenidos de cloruros, sulfatos, calcio y magnesio en niveles que no son preocupantes, si se tienen en cuenta los altos volúmenes de vinaza aplicados.

En la microflora del suelo

Para determinar el efecto de la vinaza en la microflora de suelos cultivados con caña de azúcar se cuantificaron las poblaciones de hongos, bacterias y actinomicetos en suelos con aplicación de vinaza y sin incorporación de ella; las poblaciones se relacionaron con el tiempo durante el cual se ha aplicado vinaza, las dosis y algunas características físico-químicas del suelo.

La aplicación de vinazas por más de 20 años no afectó las poblaciones de hongos, bacterias y actinomicetos, aunque en algunos casos se incrementaron las poblaciones de hongos. Se observó disminución natural de los grupos microbianos a medida que se profundizó en el suelo. No hubo correlación significativa entre las variables físico-químicas del suelo y la población de microorganismos y se hallaron los mismos géneros de hongos en los suelos con y sin aplicación de vinaza.

Dosis y fuentes de K

Se estima que las siete destilerías para producir alcohol carburante que se establecerán en el valle del río Cauca producirán 1,350,000 litros de alcohol por día y generarán cerca de 568,500 m^3 de vinazas al año. Relativamente concentradas, con contenidos de sólidos totales entre 32.5% y 55% y un aporte aproximado de 13,758 toneladas de K_2O por año, estas vinazas serán una fuente importante de potasio para los cultivos de la región.

Los objetivos de la experimentación en marcha son: (a) Determinar la capacidad de las vinazas para suministrar K a la caña de azúcar y las dosis más apropiadas de las vinazas de 10% y 55% de sólidos totales y del cloruro de potasio para este cultivo; (b) Determinar los efectos del K en el desarrollo, la producción y la calidad de la caña en diferentes suelos; y (c) Correlacionar las respuestas de la caña de azúcar al potasio con algunas características físicas y químicas del suelo.

Las evaluaciones se desarrollan en tres Mollisols (Guadualito, Palmira y Río La Paila; zonas agroecológicas 2C0, 1C1 y 5C1) con contenidos de K intercambiable que varían entre bajo y alto. Las evaluaciones realizadas en la plantilla o primer corte de la variedad CC 85-92 en los tres sitios, indican que las vinazas son tan eficaces como el cloruro de potasio para aportar este nutrimento al suelo y al cultivo.

En suelos con contenidos de K cercanos a 0.20 cmol/kg se justifican dosis hasta de 200 kg de K_2O/ha, equivalentes a 4.9 m^3 de vinaza de 55% y a 33.3 m^3 de vinaza de 10%. En suelos con contenidos cercanos o mayores de 0.40 cmol/kg, para suministrar entre 100 y 150 kg de K_2O/ha al suelo y mantener su nivel de fertilidad y la productividad de la caña de azúcar, se pueden usar dosis de mantenimiento entre 2.44 m^3 y 3.66 m^3 de vinaza de 55%, o dosis entre 16.7 y 25 m^3 de vinaza de 10%.

Aplicación manual de vinaza dirigida al surco de caña en lotes experimentales.

Al incrementar las dosis de K al suelo, los contenidos de K y cenizas en el jugo de primera extracción tendieron a aumentar. Por lo tanto, la aplicación de dosis excesivas de vinaza o de cloruro de potasio en algunos suelos del valle del río Cauca puede afectar la producción y la calidad de la caña para azúcar.

Manejo de los residuos de cosecha

Después de la cosecha en verde quedan en el campo entre 50 t/ha y 100 t/ha de residuos que pueden afectar el desarrollo de la caña, especialmente cuando ocurren lluvias. Los equipos de cosecha también causan daños a los campos en los periodos húmedos debido al tráfico de las llantas de los tractores y vagones sobre los surcos de caña.

Con el objetivo de encontrar nuevos sistemas de producción para el manejo adecuado de los residuos de la cosecha en verde y aminorar el daño a los campos causado por el tráfico de la maquinaria, en 2002 se iniciaron las siembras con el sistema de Surco Doble Modificado (SDM). El patrón de siembra incluye tres pares de surcos dobles separados a 0.80 m, una distancia mayor de 2.10 m entre cada par de surco doble. Cada conjunto de tres pares de surco dobles guarda una separación de 3.90 m.

En 2004 el sistema se estaba probando en 429 ha distribuidas a lo largo del valle del río Cauca, en campos comerciales con diferentes condiciones de clima y suelo y utilizando diferentes variedades de caña, donde se tienen además lotes de referencia sembrados con los espaciamientos uniformes de 1.40 m, 1.50 m, 1.65 m y 1.75 m entre surcos. Para realizar esta investigación se está siguiendo un esquema de investigación operativa en donde las prácticas de cultivo se realizan y los equipos se organizan en la medida en que son requeridos por el cultivo; este esquema de investigación involucra la participación activa de los técnicos de Cenicaña y de los ingenios.

Las producciones de caña de plantillas cosechadas en este año fueron variables, como resultado de las diferencias en los suelos, la fertilidad, el clima y las variedades utilizadas en los diferentes sitios. En términos generales, la producción de caña por hectárea fue superior en los campos con 1.65 m entre surcos y decreció en los campos con 1.75 m y SDM. El rendimiento comercial en azúcar fue alto con el sistema de SDM en la mayoría de los sitios (Cuadro 12).

Con el propósito de compensar el déficit de población por hectárea que se ha identificado en las plantaciones con SDM, se establecieron nuevas siembras en la estación experimental del Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat) y en campos comerciales del Ingenio Pichichí, donde se sembraron uno o dos surcos adicionales en el espacio de 3.90 m. En el caso de sembrar un surco adicional, la longitud de surco por hectárea es equivalente a la que se consigue con la siembra a 1.50 m; cuando se siembran dos surcos, la longitud es equivalente a la siembra a 1.30 m.

Cuadro 12. Toneladas de caña por hectárea (TCH) y rendimiento en azúcar (%) de cuatro variedades (plantilla) en 125 hectáreas cosechadas durante 2004, sembradas en surco doble modificado.

Propietario	Hacienda (suerte)	Zona Agroec.	Área (ha)	Variedad	Edad de cosecha (meses)	Surco doble modificado (SDM)		Convencional (1.65m y 1.75m)	
						TCH	Rto. (%)	TCH	Rto. (%)
Oriente S.A.	La Italia (44)	6C0	4	CC 84-75	13.6	146	12.0	—	—
Durán Castro & Cia.	El Cedrito (11A)	2C1 y 9C2	4	CC 85-92	14.6	145	13.0	170	11.9
Ingenio Mayagüez	Llano de Párraga (15)	1C0 y 2C0	25	MZC 84-04	14.6	140	11.9	163	11.3
Ingenio Mayagüez	Rumia (5)	2C0	36	MZC 84-04	13.6	127	11.7	—	—
Ingenio Mayagüez	La Colombiana (1)	2C0	23	MZC 84-04	12.7	127	11.3	161	9.9
Ingenio Mayagüez	Delicias (76)	2C1 y 4C1	9	MZC 84-04	14.4	132	—	163	—
Ingenio Pichichí	Korea (2)	10C1	5	CC 85-92	13.8	109	—	146	—
Ingenio Providencia	Chontaduro (353)	6C0	10	CC 87-434	13.8	112	12.5	130	14.3
Ingenio Providencia	La Aurora (117C)	6C1 y 3C1	8	CC 85-92	12.4	99	12.4	128	12.0

Uso de maduradores en la producción de azúcar y etanol

Las investigaciones realizadas por Cenicaña han mostrado que con el uso de los maduradores químicos se logra incrementar el contenido de sacarosa en los tallos hasta en 25%. Con el objetivo de caracterizar los efectos del madurador sobre el contenido de azúcares totales reductores (ATR) en la caña cosechada, se realizaron dos experimentos con la variedad CC 85-92 en los ingenios Mayagüez (zona agroecológica 1C0) e Incauca (zona 5C2), donde se aplicaron diferentes dosis de glifosato (480 g de i.a./l) y fluazifop-p-butil (125 g de i.a./l).

En ambos casos, con las aplicaciones de los maduradores se obtuvieron incrementos apreciables en los contenidos de sacarosa y azúcares reductores. En la Figura 14 se presenta la respuesta de la variedad a la dosis de 1.5 l/ha de glifosato, donde se observan incrementos tanto en sacarosa como en ATR a partir de la cuarta semana después de la aplicación.

Se confirma que para obtener el mayor beneficio de este madurador, la caña se debe cosechar entre las semanas 8 a 10 después de la aplicación. De acuerdo con los resultados de este experimento, se concluye que hay un efecto benéfico de los maduradores sobre la caña, bien sea para producir azúcar o etanol.

Sin embargo, es posible que en zonas con niveles freáticos superficiales o donde persisten los periodos húmedos la caña no tenga la oportunidad de aumentar significativamente el contenido de sacarosa en los tallos. No obstante, si los contenidos de azúcares reductores son altos, estas zonas pueden ser atractivas para la producción de etanol y es posible que no se justifique la aplicación de maduradores químicos.

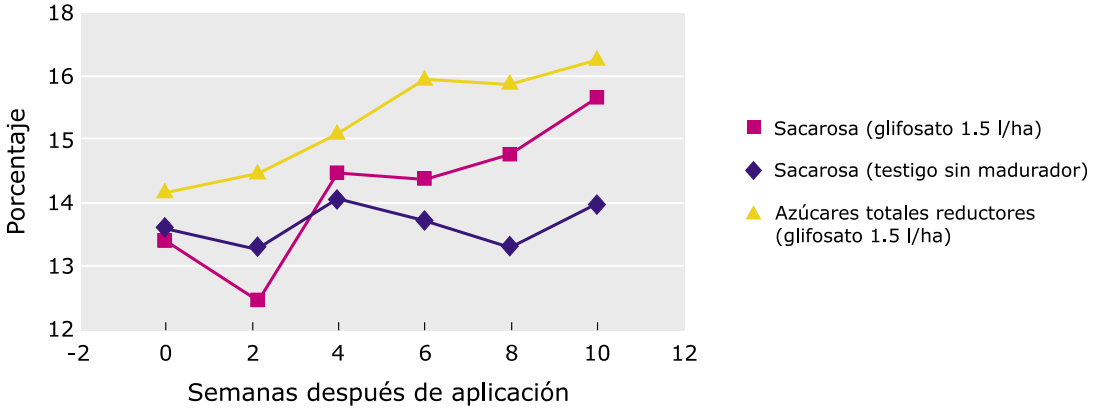


Figura 14. Efecto del glifosato (480 g de i.a./l) aplicado como madurador en los contenidos de sacarosa y azúcares totales reductores de la variedad CC 85-92 sembrada en la zona agroecológica 1C0, hacienda Balsora, Ingenio Mayagüez.

Diagnóstico de la residualidad de agroquímicos

Durante 2004 se examinaron alternativas metodológicas para el análisis cuantitativo de la residualidad en el suelo de los herbicidas glifosato, ametrina, atrazina y diurón, utilizados en el valle del río Cauca para el control de malezas y la maduración de la caña de azúcar. En la fase siguiente se decidirá cuál alternativa utilizar, de acuerdo con los objetivos del diagnóstico.

Ingenio Carmelita

Programa de Procesos de Fábrica

La misión del Programa es contribuir al mejoramiento de los procesos fabriles en el sector azucarero colombiano, en forma sostenible, involucrando aspectos tecnológicos y económicos.

Durante 2004 finalizaron las actividades propuestas en el macroproyecto "Reducción de las pérdidas de sacarosa", formulado en 1996 con el objetivo de reducir las pérdidas en las etapas de cosecha, poscosecha, limpieza de caña, preparación, molienda y cristalización. Los resultados y las tecnologías generadas se han dado a conocer en cada uno de los ingenios a través de visitas y acciones de transferencia, y la documentación completa se encuentra disponible para consulta en la biblioteca de Cenicaña. Las investigaciones sobre el tema continuarán de acuerdo con los requerimientos de la industria.

Además de los avances en reducción de pérdidas de sacarosa, en este informe se presentan los adelantos en la definición de métodos de muestreo y técnicas analíticas para la determinación de la materia extraña y la evaluación de sus efectos en el proceso agroindustrial, así como el progreso de evaluaciones dirigidas a reducir el desgaste de los equipos de preparación y molienda. Se muestra también el desempeño de las estaciones de clarificación de jugo y filtración de cachaza en seis ingenios que han acordado identificar las estrategias productivas destacadas y compartir la información pertinente con fines de mejoramiento continuo.

Se comenzó a desarrollar un proyecto para caracterizar desde el punto de vista energético la biomasa de caña (bagazo y residuos de cosecha) y se validaron metodologías de evaluación de la eficiencia de estaciones de limpieza de caña. Continuaron las actividades de estandarización de los sistemas de medición en los ingenios y se prestaron servicios en análisis químico e ingeniería de procesos.

Macroproyecto: Reducción de las pérdidas de sacarosa

A continuación se presenta un resumen de las actividades durante 2004, con las cuales llegó a término el macroproyecto. Los resultados de este proceso de investigación y su adopción en la industria han contribuido significativamente a reducir las pérdidas de sacarosa en el sector azucarero colombiano (Cenicaña, 2003 y 2004; Larrahondo, J.E., 2002).

Sacarosa en bagazo

En cuatro ingenios se utilizó el Laboratorio Móvil para el seguimiento de la eficiencia de preparación y extracción y mediciones de consumo energético, torque, flotación de mazas superiores, velocidad de giro y otras variables operativas, siguiendo un enfoque integral que incluye aspectos técnicos y económicos.

En las estaciones de preparación se busca mantener las condiciones de operación lo más estables posible y asegurar que los elementos mecánicos se ajusten a los diseños. Se corroboró que aspectos como la velocidad de giro de las picadoras y el ajuste de las máquinas afectan significativamente el nivel de preparación. Para prolongar la vida útil de las máquinas

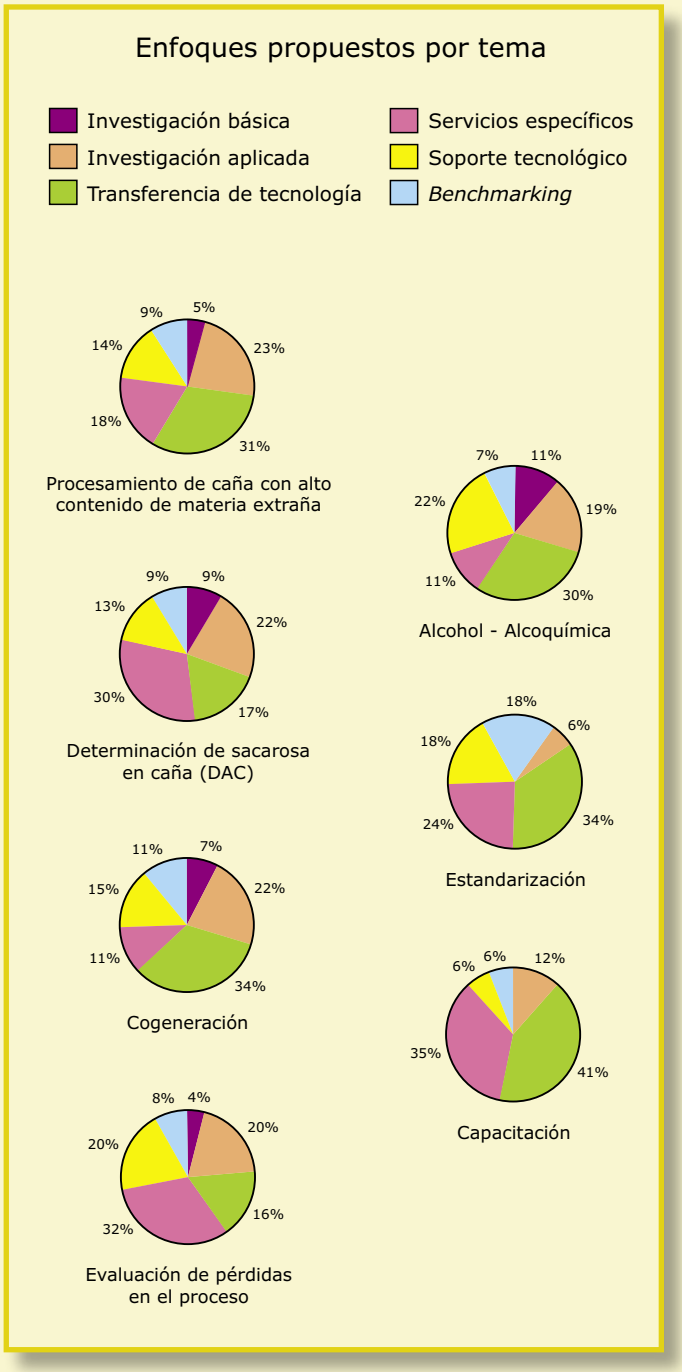
Revisión y proyecciones 1992-2015

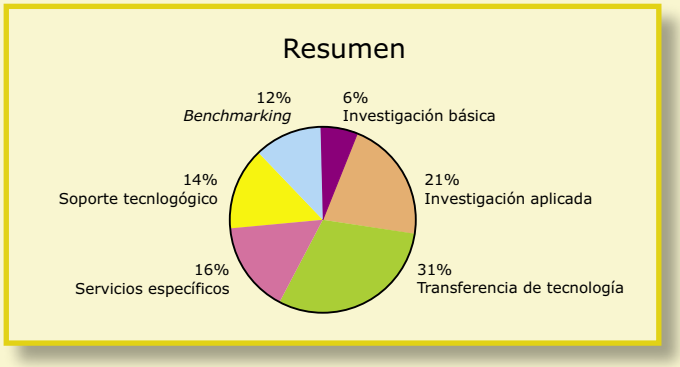
Con el propósito de establecer un marco de referencia sobre las actividades y resultados del Programa de Procesos de Fábrica de Cenicaña (1992-2004) y conocer los requerimientos de la industria para el período 2005-2015, durante el segundo semestre de 2004 se llevaron a cabo dos talleres de análisis con la participación de los gerentes y superintendentes de fábrica y los jefes de laboratorio y calidad de los ingenios azucareros.

Los temas de interés prioritario y las demandas de investigación y servicios identificados en los talleres fueron analizados por dos consultores externos, el doctor Peter Rein, director del Audubon Sugar Institute de Louisiana, E.E.U.U., y profesor de la Universidad de Louisiana en Baton Rouge; y el doctor Manoel Regis, consultor en procesos industriales de azúcar, exgerente de tecnología industrial de la Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo Ltda. (Copersucar, Brasil).

Las conclusiones de los talleres y las recomendaciones de los consultores para corto, mediano y largo plazos fueron presentadas a la Junta Directiva de Cenicaña a finales de 2004, junto con los enfoques propuestos para abordar los temas identificados como prioritarios para el período 2005-2015 (ver figuras).

La Junta Directiva solicitó a Cenicaña especificar el portafolio de servicios y la infraestructura requerida para atender las demandas de los ingenios, definiciones que se propone tener para el segundo semestre de 2005. La documentación completa sobre el proceso de revisión se encuentra en la biblioteca de Cenicaña.





y garantizar su buen comportamiento frente a los fenómenos de desgaste e impacto característicos del proceso, se evaluaron diferentes revestimientos duros aplicados mediante soldadura.

Se observó que en los primeros molinos precedidos de máquinas desfibradoras se pueden obtener extracciones de 75% o superiores cuando el índice de preparación es de 85 POC o más, la fibra en caña oscila entre 13% y 15% y se realizan buenas prácticas de operación y mantenimiento. Con estos valores en el primer molino es posible alcanzar extracciones directas superiores a 96% en un tándem de seis molinos.

La extracción de las unidades intermedias y en especial la del segundo molino es afectada por la imbibición y la recirculación de bagacillo, razón por la cual se debe hacer un manejo apropiado y estable de los jugos de imbibición y de la eficiencia de los separadores de fibra en jugo, tanto parabólicos como rotatorios, debido a que en condiciones anormales estos equipos conducen a una extracción individual baja.

Sacarosa en miel final

Cenicaña estableció una metodología fundamentada en la utilización de un cristalizador experimental para estimar el grado máximo de agotamiento que se puede lograr en mieles finales, estableciendo así el grado de mejora que se podría alcanzar en la estación de tachos de un ingenio azucarero (Cenicaña, 1997; Gil, *et al.*, 2001). En instalaciones dedicadas a la producción dual de azúcar y alcohol en Colombia, el agotamiento se tendría que estimar en la miel B, considerada como miel final.

Con el cristalizador experimental se efectuaron determinaciones del grado de agotamiento de las mieles finales en dos ingenios, mientras que en un tercer ingenio se hicieron pruebas de cristalización con mezcla de azúcar refinada, edulcorante y agua. Estas experiencias sirvieron de base para precisar la metodología en condiciones reales de operación de plantas industriales y a partir de ellas Cenicaña estableció un nuevo servicio de análisis en las instalaciones de los ingenios colombianos.

Evaluaciones de la operación de centrífugas continuas de masa C en otros dos ingenios demostraron que este seguimiento facilita el ajuste de operaciones y la detección oportuna de situaciones de deterioro o contaminación de las mieles.

Determinación y efectos de la materia extraña en el proceso agroindustrial de la caña de azúcar

Este proyecto comenzó en 2003 con cofinanciación de Colciencias. Los objetivos son establecer métodos de muestreo y técnicas analíticas para la evaluación de la materia extraña, identificar las mejores opciones de sistemas de cosecha en verde y medir el impacto de estos materiales en las diferentes etapas del proceso agroindustrial de la caña de azúcar.

En los estudios y seguimientos efectuados en el Ingenio Providencia durante 2003 se encontró que la concentración de fosfatos en la caña antes del corte (precosecha) se redujo significativamente en la caña cosechada en verde (manual y mecanizada), lo cual se asocia con disminuciones en el contenido de sacarosa y con incrementos de color en el jugo de primera extracción (Cuadro 13). En el jugo clarificado de la caña cosechada en verde y con máquina se observaron menores volúmenes de lodos y mayores valores de color en comparación con la cosecha manual (Cuadro 14).

Cuadro 13. Calidad de jugo primario de caña (sonda mecánica) en relación con los sistemas de cosecha. Ingenio Providencia, 2003.

Sistema de cosecha	Materia extraña (%)	Fósforo (P_2O_5) (mg/l)	Sacarosa aparente (%)	Color (ICUMSA)	Pureza (%)
Precosecha	—	438 a*	18.6 a	8237 c	90.5 a
Manual quemada	3.37 b	363 ab	16.7 b	11,519 b	89.0 ab
Manual verde	3.84 b	297 b	16.7 b	13,076 b	88.5 ab
Mecanizada verde	12.0 a	311 b	15.5 c	14,419 a	87.7 b
Significancia	<0.0001	<0.0004	<0.0001	<0.0001	<0.09
CV (%)	—	22.5	6.0	14.2	2.9

* Promedios en una misma columna con letras iguales no difieren significativamente (Tukey, P<0.05).

Cuadro 14. Calidad de jugo clarificado de caña en relación con los sistemas de cosecha. Ingenio Providencia, 2003.

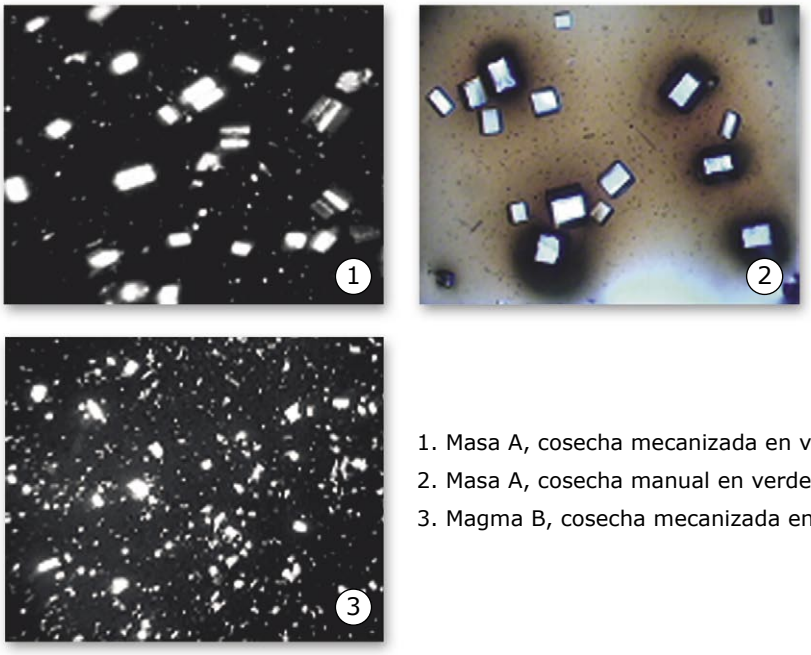
Sistema de cosecha	Volumen de lodos (ml)	Color en jugo clarificado (ICUMSA)
Manual quemada	136.4 a*	9352 b
Manual verde	147.2 a	9553 b
Mecanizada verde	124.1 a	11,143 a
Significancia	<0.094	<0.001
CV (%)	21.8	11.7

* Promedios en una misma columna con letras iguales no difieren significativamente (Tukey, P<0.05).

En el Ingenio Manuelita las evaluaciones con caña cosechada en verde y con máquina mostraron lo siguiente en comparación con la caña cosechada manualmente en verde:

- Incremento de los niveles de color, almidones y dextranas en jugo de primera extracción, jugo clarificado y meladura.
- Ligero incremento de los fenoles, como precursores de color, en jugo de primera extracción, jugo clarificado y meladura.
- Disminución de la concentración de fosfatos en jugo de primera extracción y jugo diluido (300 mg/l es un valor promedio recomendado en ambos casos) que puede afectar la clarificación y al mismo tiempo propiciar la actividad microbiana, causando mayor producción de dextranas y reducción de los compuestos amino-nitrogenados.
- Incremento de los contenidos de potasio, calcio, magnesio y sodio en jugos de primera extracción, diluido, clarificado y meladura. Lo anterior señala la necesidad de controlar el agotamiento de las mieles y establecer programas sistemáticos de mantenimiento de los equipos de fábrica para evitar incrustaciones.

- Durante el procesamiento de masa A se pudo observar una proporción alta de cristales con tamaño inferior a 500 μm, que no garantizan buena cristalización. Igualmente, se observó alto número de cristales gemelos y alargados, los cuales indican la presencia de dextranas. En magma B se observó poca uniformidad y baja calidad del grano (tamaño) durante el crecimiento de cristales, condiciones desfavorables para la cristalización y la recuperación de azúcar (Figura 15).



1. Masa A, cosecha mecanizada en verde.
2. Masa A, cosecha manual en verde.
3. Magma B, cosecha mecanizada en verde.

Figura 15. Distribución y formación de cristales en masa A y magma B, con cosecha en verde (manual y mecanizada).

Proyecto cooperativo agroindustrial para reducir el desgaste en los equipos de preparación y molienda

Este proyecto es cofinanciado por Colciencias y tiene como entidades ejecutoras a la Universidad del Valle y a Cenicaña, mientras que el beneficiario directo es el Ingenio Manuelita. Los avances se difunden en el sector azucarero. Durante 2004 se llevaron a cabo las siguientes actividades principales:

- Determinación de los contenidos de materia extraña mineral en la caña cosechada, causante del desgaste en los equipos de preparación y molienda.
- Establecimiento del grado de agresividad química de los jugos y su relación con la corrosión.
- Establecimiento de una relación entre la geometría de las partículas de materia extraña mineral, las huellas de desgaste en la superficie de las mazas y su profundidad mediante microscopía de barrido electrónico.
- Diseño de dos tipos de chumaceras con sistemas de sello mejorado a fin de impedir la entrada de materia extraña mineral y prevenir el rayado de los guijos de los ejes, evitando así la concentración de esfuerzos y el sobrecalentamiento.

Estrategias productivas destacadas

Con el interés de contribuir a elevar la productividad y la eficiencia de los procesos fabriles en el sector azucarero colombiano, gerentes generales y de fábrica de los ingenios donantes de Cenicaña acordaron realizar acciones para localizar, documentar, validar y difundir las prácticas productivas en sus empresas.

Así, en octubre de 2003 se dio inicio al proyecto "Estrategias productivas destacadas en ingenios azucareros colombianos", el cual se basa en la metodología de *benchmarking* y en las 5E (eficiente, estable, ecológico, económico y energéticamente equilibrado) (Figura 16).

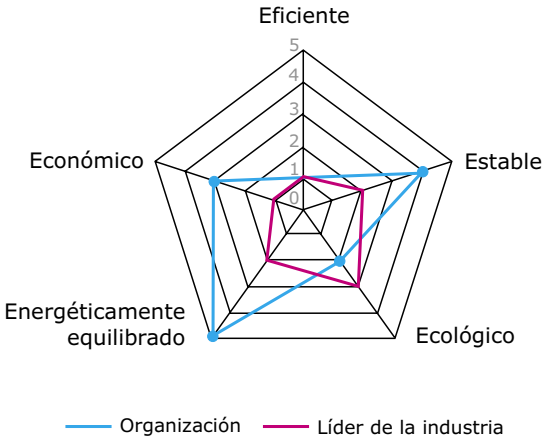


Figura 16. Gráfica de radar para factores críticos de desempeño de un proceso.

Estaciones de clarificación de jugo y filtración de cachaza

Para comenzar el proyecto se dio prioridad a la estación de clarificación de jugo debido a su influencia en la calidad del azúcar final producido, y a la estación de filtración de cachaza por ser un proceso estrechamente relacionado con la clarificación.

El grupo de trabajo ha estado conformado por seis ingenios. A partir de la información colectada se identificaron las mejores prácticas y se programaron visitas técnicas a los ingenios correspondientes para constatar y precisar los aspectos de diseño, agrupación de equipos, manejo, potencia consumida, estabilidad y sostenibilidad ecológica.

Se encontró que la mayor eficiencia en el proceso de clarificación ocurría en el ingenio 5, mientras que la mayor eficiencia en filtración correspondía al ingenio 6 (Cuadros 15 y 16).

Cuadro 15. Eficiencia del proceso de clarificación en cinco ingenios azucareros de Colombia, 2000-2004.

Ingenio	Tipo de equipo	Eficiencia clarificación (%)[a]		Índice de costo	Consumo energético (kWh/t de jugo)
		Época seca[b]	Época lluviosa[c]		
1	Rápido	56	61	115	5.9
2	Dorr-SRT	50	50	107	3.9
3	Dorr-SRT	66	71	82	2.1
4	Dorr	54	60	137	3.0
5	Dorr	85	85	83	2.9

a. Relación entre el porcentaje de sólidos insolubles en el jugo diluido y la turbiedad del jugo claro (unidades ICUMSA).
b. Precipitación <150 mm, primer y tercer trimestres.
c. Precipitación >150 mm, segundo y cuarto trimestres.

Cuadro 16. Eficiencia del proceso de filtración de cachaza en seis ingenios azucareros de Colombia, 2000-2004.

Ingenio	Tipo de equipo	Eficiencia filtración (%)[a]		Índice de costo	Consumo energético (kWh/t de cachaza)
		Época seca[b]	Época lluviosa[c]		
1	Rotatorio vacío	83	71	56	124.4
2	Rotatorio vacío	77	50	102	104.0
3	Rotatorio vacío	66	61	93	39.4
4	Rotatorio vacío	83	66	140	62.6
6	Rotatorio vacío	85	85	89	90.8
5	Rotatorio vacío	79	69	116	81.6

a. Se determina en función del porcentaje de sacarosa en cachaza.
b. Precipitación <150 mm, primer y tercer trimestres.
c. Precipitación >150 mm, segundo y cuarto trimestres.

Gestión ambiental

En el Ingenio Providencia se validaron las metodologías desarrolladas por Cenicaña para determinar la eficiencia de los sistemas de limpieza de caña (Calero, L.M., *et al.,* 2000) debida a nuevas condiciones de diseño de los sistemas y considerando el ingreso de caña verde y quemada de cosecha manual y mecanizada. La eficiencia se estima en términos de las toneladas de materia extraña que entran al sistema y el porcentaje retirado por éste antes de entregar la caña a los molinos.

Utilizando el sistema de limpieza en seco con caña cosechada manualmente en verde se logró retirar entre 70% y 78% de las hojas que ingresaron al sistema como materia extraña vegetal y entre 36% y 38% de la materia extraña mineral. La eficiencia del sistema fue mayor cuando el corte fue manual, en comparación con la cosecha mecanizada.

Para estimar el ingreso de materia extraña y la eficiencia del sistema se realizaron conteos manuales de los componentes antes y después de pasar por las máquinas de limpieza. Se utilizaron tres métodos de muestreo a partir de un vagón, así: (a) Tres muestras tomadas con sonda mecánica (Core Sampler) a lo largo del vagón; (b) Una muestra tomada con la uña de una alzadora en un punto del vagón; (c) Una muestra de la caña en el vagón después de haber realizado los dos muestreos anteriores (vagón 100%) (Figura 17).

Se evaluó el sistema de lavado con caña quemada en época seca (16 de junio a 15 de septiembre), con resultados que mostraron una relación directa entre la cantidad de materia extraña y la calidad de los jugos y el bagazo. A medida que aumentó el contenido de materia extraña se incrementaron el color y el contenido de sólidos insolubles en el jugo de primera extracción y disminuyó el contenido de cenizas en el bagazo.

Las evaluaciones se centraron en el tamaño de las muestras de caña, el contenido de materia extraña total, la calidad de los jugos y el bagazo y las características del agua de alimentación y del efluente del sistema de limpieza.

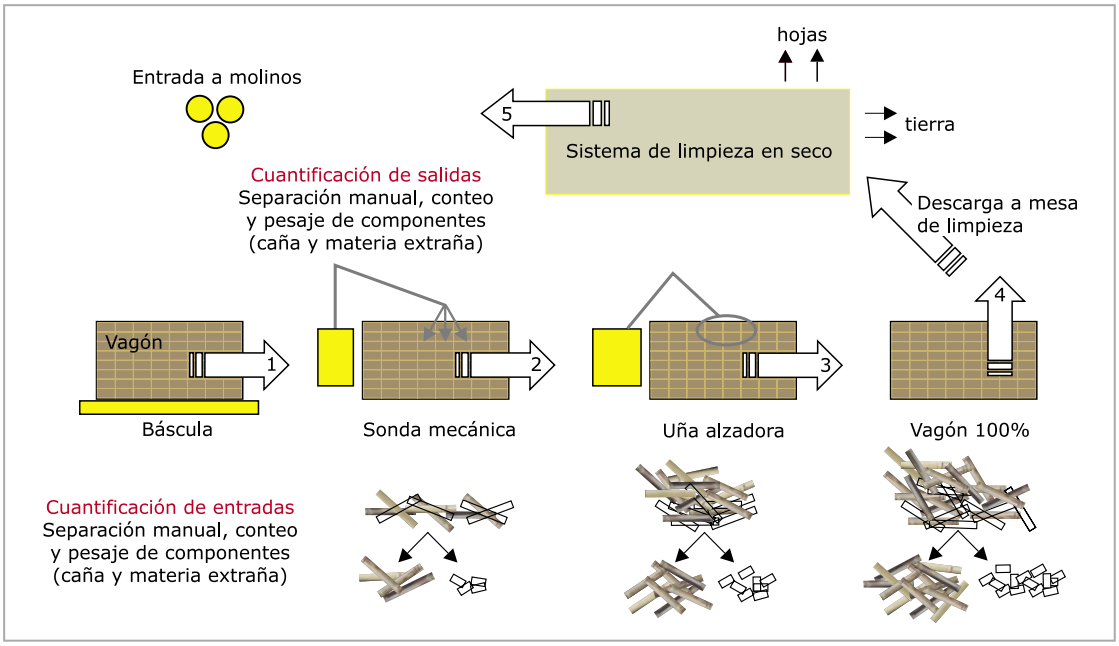


Figura 17. Esquema de evaluación de la eficiencia del sistema de limpieza en seco de caña que entra a la fábrica.

Se cuantificaron las cargas contaminantes en términos de demanda bioquímica de oxígeno cinco días después, demanda química de oxigeno, sólidos suspendidos totales (DBO_5, DQO y SST, respectivamente), el pH y las temperaturas del afluente y el efluente. Para el análisis de impacto ambiental se utilizó la matriz interactiva causa–efecto de Leopold (Leopold L., 1971). Se evaluaron la eficiencia del sistema, las pérdidas de sacarosa, el costo/beneficio y la reducción de problemas y demoras en las operaciones de la fábrica.

Gestión energética

Incauca y Cenicaña comenzaron en 2004 un proyecto cooperativo con el objetivo de caracterizar desde el punto de vista energético la biomasa de caña utilizada como combustible, tanto bagazo como mezcla de residuos de la cosecha en verde y bagazo, en escenarios con contenidos altos de materia extraña mineral y vegetal.

Se evaluaron los efectos del contenido de humedad, las cenizas y la sacarosa en el poder calorífico superior (PCS) del bagazo (Figura 18). Se obtuvo la siguiente expresión matemática para estimar el PCS del bagazo, con una desviación aproximada entre 3% y 4% con respecto al valor obtenido con bomba calorimétrica:

$$PCS_{Bagazo}\,(kJ/kg)=21200-(237*H)-(222*C)-(50.9*S)$$

Donde,
H: Porcentaje de humedad en bagazo
C: Porcentaje de cenizas en bagazo
S: Porcentaje de sacarosa en bagazo

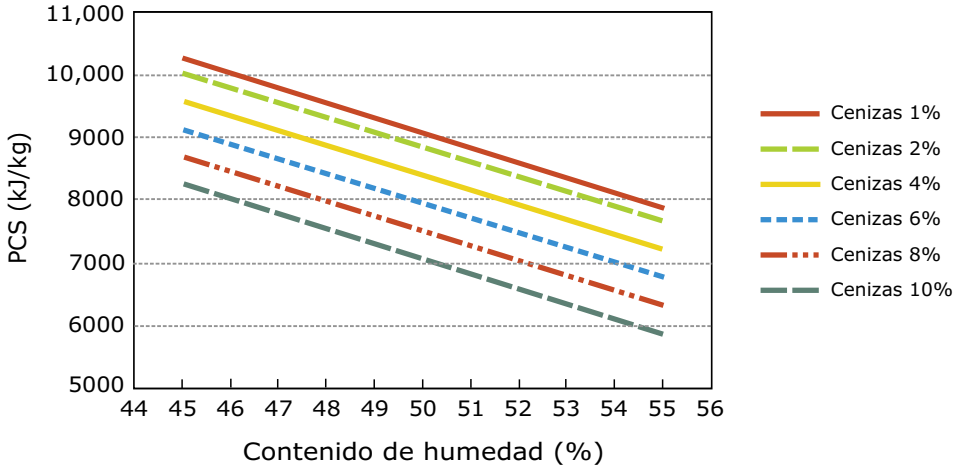


Figura 18. Estimación del efecto del contenido de cenizas en el poder calorífico superior del bagazo con diferentes porcentajes de humedad. Incauca, 2004.

Para mezclas de bagazo y residuos en proporciones 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 y 50:50 se determinaron contenidos de sales de sodio entre 0.6 y 3.7, magnesio entre 0.1 y 0.5, potasio entre 0.1 y 0.9, calcio entre 0.05 y 0.5 y silicio entre 0.15 y 2. Estos minerales son una fuente potencial de formación de depósitos en las tuberías de las calderas y, con el tiempo, reducen el coeficiente de transferencia de calor e incrementan la tasa de desgaste por erosión.

Las evaluaciones se enfocarán a la determinación del PCS para mezclas de bagazo con porcentajes predeterminados de hojas, cogollos, chulquines y lalas.

Estandarización de los sistemas de medición en los ingenios

Este año concluyeron las actividades planeadas en el proyecto "Estandarización de los sistemas de medición en los ingenios azucareros de Colombia", formulado en 1996. A partir de 2005 y por un período de 12 meses se llevará a cabo el proyecto "Auditarías al sistema de estandarización de procedimientos analíticos y de muestreo en los ingenios", con cofinanciación de Colciencias, aprobado en 2004 en el marco de la "Convocatoria para el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas y de gestión de los centros de desarrollo tecnológico y los centros regionales de productividad".

El grupo de trabajo en estandarización, integrado por los jefes de laboratorio y calidad de los ingenios, continúa las actividades de evaluación de las metodologías analíticas y el intercambio mensual de los indicadores de la gestión industrial.

Se estableció la metodología de determinación de sacarosa en miel final usando como agente clarificante la mezcla sulfato de aluminio:cal:ayuda filtrante y se realizaron pruebas de reproducibilidad en diferentes laboratorios. En todos los casos los ingenios mejoraron la repetibilidad, lo que indica que en condiciones controladas de aplicación de la metodología se pueden obtener resultados confiables. Se requieren estudios posteriores para identificar las posibles interferencias método-muestra.

Servicio de Análisis Económico y Estadístico

El Servicio tiene la misión de proporcionar información y metodologías de análisis económico y estadístico para apoyar la toma de decisiones en investigación y producción, a fin de contribuir al desarrollo tecnológico del sector azucarero y mejorar la eficiencia productiva, técnica y económica de los procesos agroindustriales.

Durante 2004 se analizaron datos comerciales con la metodología para la valoración de la eficiencia productiva definida en el Sistema de Información para el Manejo de la Caña Específico por Sitio (Simces). Al mismo tiempo, se comenzaron a obtener y analizar los costos de producción de caña por zona agroecológica en una muestra definida de suertes de ingenios y cultivadores para establecer los criterios de evaluación de la eficiencia económica y avanzar en la definición de los índices que se usarán para juzgar la eficiencia técnica de la actividad productiva. El informe muestra la utilidad del Simces para apoyar la gestión empresarial y la importancia de registrar sistemáticamente las variables meteorológicas y de manejo del cultivo en función del mejoramiento continuo.

En el proceso de estandarización de los costos de producción, los grupos de trabajo mantuvieron el intercambio periódico de información utilizando la matriz definida para cada centro de gestión (campo, cosecha y fábrica). Se presenta un análisis de los costos de campo en los siete ingenios participantes, donde se observan diferencias dentro y entre las empresas para las diferentes labores.

Finalmente, se exponen los resultados de un análisis de correspondencia múltiple que involucra datos de productividad, costos y utilidad operacional a escala comercial.

Como parte de las actividades permanentes se prestaron servicios a los investigadores de Cenicaña y a los productores de caña y azúcar de la agroindustria en el diseño, procesamiento, análisis estadístico y análisis económico de datos. Se destaca el apoyo en biometría para el análisis de los principales factores relacionados con la productividad y la rentabilidad de las nuevas variedades de caña de azúcar.

Sistema de Información para el Manejo de la Caña Específico por Sitio (Simces)

Utilizando los criterios estadísticos del Simces, se evaluó la eficiencia productiva de la empresa proveedora de caña Oriente S.A. en las suertes cultivadas entre 1992 y 2004. El análisis es una referencia acerca de los factores que influyen en la productividad y muestra utilidades derivadas del registro ordenado y sistemático de las variables asociadas con la caracterización agroecológica y el manejo agronómico del cultivo.

De forma complementaria, con el propósito de implementar en el Simces el componente de análisis relacionado con la eficiencia económica, se avanzó en el diseño de indicadores por zona agroecológica utilizando datos de 2003 y 2004.

Factores que determinan la eficiencia productiva. Caso: Oriente S.A.

Se analizaron los registros de ubicación y manejo agronómico de 1723 suertes cultivadas entre enero de 1992 y agosto de 2004 por la empresa Oriente S.A., plantillas y socas cosechadas por cuatro ingenios en las zonas agroecológicas 1C0, 2C0, 6C0, 1C1, 2C1, 5C1, 1C2, 2C2, 3C2 y 5C2.

En los archivos originales de la empresa, cada suerte tiene 45 variables de información asociada. Para este análisis se utilizaron 17 variables y sus interacciones de primer orden en un modelo lineal, a fin de identificar y valorar sus efectos en las toneladas de caña producidas por hectárea (TCH) y el rendimiento en azúcar (% caña). En el Cuadro 17 se muestran los resultados.

Se observa que diez variables y cuatro interacciones tienen efecto significativo sobre las variaciones de TCH y rendimiento, a saber: (1) zona agroecológica; (2) año de cosecha; (3) mes de cosecha; (4) variedad de caña; (5) número de corte; (6) edad de cosecha; (7) edad de cosecha al cuadrado; (8) sistema de cosecha; (12) número de riegos; (13) época de aplicación de fertilizantes; (18) año x mes de cosecha; (19) sistema de cosecha x estado de la caña; (20) zona agroecológica x variedad; (21) zona agroecológica x bandereo.

Todos los factores con efecto sobre las TCH afectaron también el rendimiento. Aunque el efecto del número de corte es menor para rendimiento que para TCH, y el efecto de la interacción zona agroecológica x bandereo es mayor para TCH que para rendimiento, ambos se identifican como significativos dados sus valores de probabilidad. Ninguna variable ni sus interacciones influyeron exclusivamente en las TCH.

En el caso particular del rendimiento, los factores determinantes de las variaciones fueron el uso de madurador (con, sin) y el método de aplicación de fertilizantes (manual, mecánico), así como las interacciones zona agroecológica x distancia entre surcos y zona agroecológica x labranza (convencional, reducida).

La interacción zona agroecológica x labranza resultó significativa en función del rendimiento, mientras que las interacciones zona agroecológica x distancia entre surcos y zona agroecológica x bandereo fueron significativas para ambas variables de respuesta.

Con el propósito de ilustrar la influencia de cada factor en las variaciones de los indicadores de productividad, en la Figura 19 se muestra la contribución de cada factor en las variaciones de TCH y/o rendimiento. Las variables de mayor contribución tanto para TCH como para rendimiento fueron año, mes, variedad y zona agroecológica, como factores individuales o en sus interacciones de primer orden.

Para las TCH, el 79% de la variación explicada está dada por los siguientes factores, en su orden: año x mes, año, zona agroecológica x variedad, zona agroecológica x bandereo, variedad, zona agroecológica. Los factores no controlables (año x mes, año, mes) contribuyeron con el 51% de la explicación y los controlables, con el 49%. De acuerdo con la naturaleza de los factores, se estima un margen cercano al 50% para optimizar las variables de manejo con fines de mejoramiento.

Cuadro 17. Significancia de 25 factores sobre las variaciones de las toneladas de caña por hectárea (TCH) y el rendimiento en azúcar (Rto. %). Oriente S.A., 1992-2004.

No.	Factores: fuentes de variación	TCH	Rto. (%)
1.	Zona agroecológica	*	*
2.	Año de cosecha[a]	*	*
3.	Mes de cosecha[a]	*	*
4.	Variedad de caña	*	*
5.	Número de corte	*	0.11
6.	Edad de cosecha	*	*
7.	Edad de cosecha al cuadrado	*	*
8.	Sistema de cosecha (manual, mecánico)	*	*
9.	Estado de la caña al corte (quemada, verde)	ns	ns
10.	Madurador (con, sin)	ns	*
11.	Bioestimulante (con, sin)	ns	ns
12.	Número de riegos	*	*
13.	Época de aplicación de fertilizantes (dds, ddc)	*	*
14.	Método de fertilización (manual, mecánico)	ns	*
15.	Distancia de siembra (bandereo: 10 m, 12 a 18 m)	ns	ns
16.	Distancia entre surcos (1.50 m, 1.65 m, 1.75 m)	ns	ns
17.	Labranza (convencional, reducida)	ns	ns
18.	Año x mes de cosecha[a]	*	*
19.	Sistema de cosecha x estado de la caña	*	*
20.	Zona agroecológica x variedad	*	*
21.	Zona agroecológica x bandereo	0.14	*
22.	Zona agroecológica x distancia entre surcos	ns	0.16
23.	Zona agroecológica x labranza	ns	0.13
24.	Variedad x distancia surcos	ns	ns
25.	Variedad x bandereo	ns	*

a. Factores clasificados como no controlables. El resto son controlables.

Notas para las columnas de TCH y Rendimiento:

El asterisco (*) señala factores o interacciones con efecto significativo sobre TCH o rendimiento.

Las letras (ns) señalan factores que no tienen efecto significativo sobre TCH o rendimiento

Las cifras (valor de probabilidad) señalan factores que tienen un grado de importancia no despreciable sobre TCH o rendimiento.

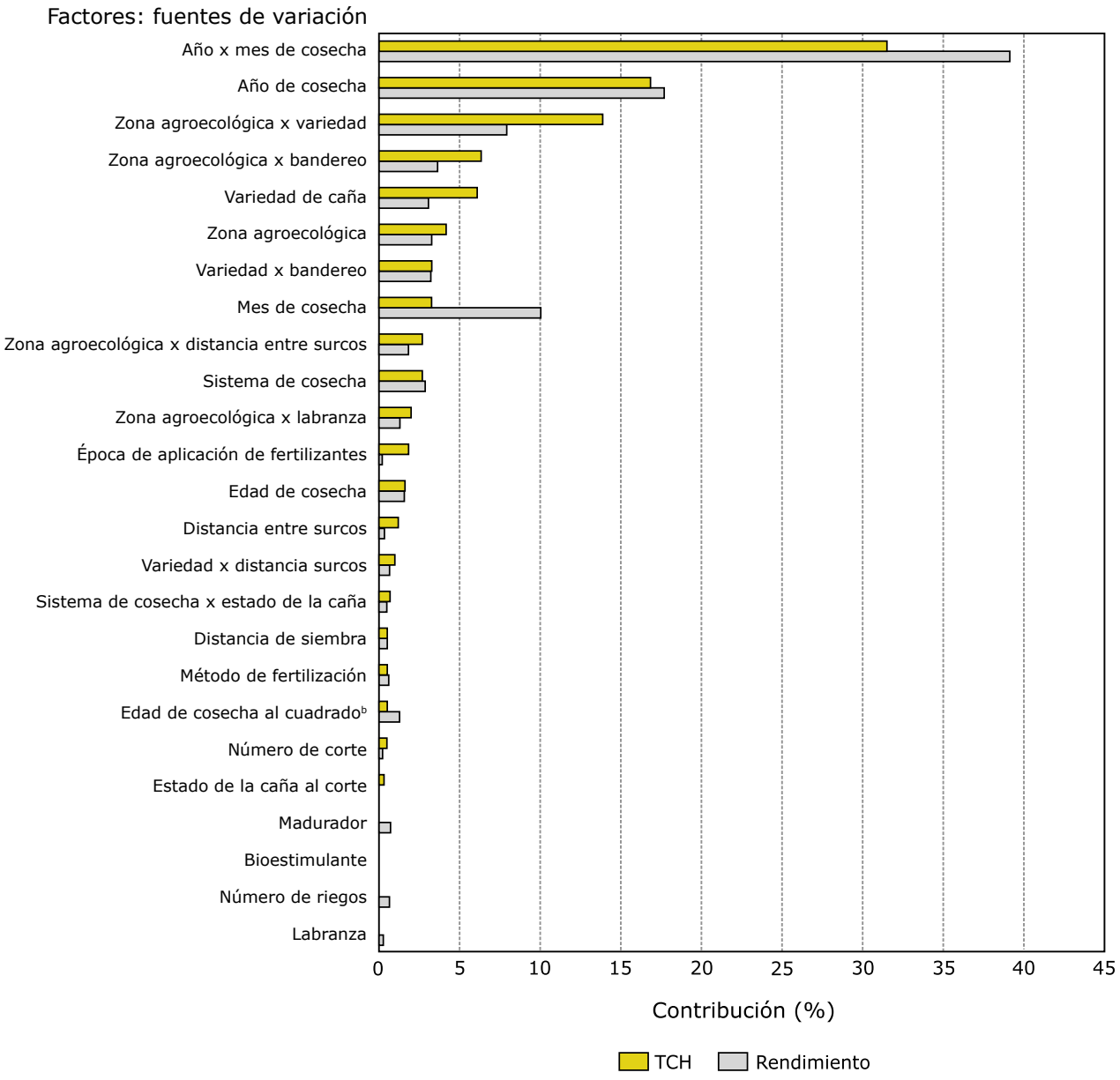


Figura 19. Contribución de 25 factores en la variación explicada de las toneladas de caña por hectárea (TCH) y el rendimiento en azúcar (Rto. %). Oriente S.A., 1992-2004.

En función de rendimiento, el 73% de la variación explicada se relaciona con los factores año x mes, año, mes, zona agroecológica x variedad, en su orden. Los factores controlables contribuyeron con el 34% y los no controlables con el 64% de la explicación. Se concluye que el margen de mejoramiento mediante la optimización de las variables de manejo es menor para rendimiento que para TCH.

En cada zona agroecológica se examinan los factores que mejor explican tales variaciones para asegurar comparaciones confiables, y se identifican las condiciones que más influyen en los costos, información de base para la transferencia y adopción de prácticas que promuevan la eficiencia económica en el sector.

Indicadores económicos por zona agroecológica

El diseño de indicadores económicos por zona agroecológica se realiza mediante la estimación de los costos en 23 zonas que cubren el 90% de área sembrada por la industria, a través de un muestreo estratificado que abarca siete ingenios y dos empresas proveedoras de caña. Hacia finales de 2004, utilizando la matriz de costos se habían recopilado datos de 38 suertes (15 zonas agroecológicas) de cuatro ingenios y un proveedor.

El coeficiente de variación y las diferencias entre el costo mínimo y máximo (miles de $/ha) señalan brechas entre las zonas agroecológicas tanto en el costo total como en cada labor. Los costos administrativos, el riego, la preparación del terrreno, los gastos generales y la siembra presentan las mayores diferencias (Cuadro 18).

Considerando los costos en un ingenio se observan variaciones entre las zonas agroecológicas y entre el promedio del ingenio y las zonas (Figura 20). Algunos datos deben ser revisados y ajustados, como los de la zona 9C4 (húmeda) que indican costos de riego superiores a los presentados en zonas más secas. La precisión de las estimaciones será mayor en la medida que se cuente con información de toda la muestra.

Cuadro 18. Estadísticas descriptivas de los costos de campo en 38 suertes analizadas, correspondientes a 15 zonas agroecológicas. Ciclo de cultivo 2003-2004.

Labor	Coeficiente de variación (%)	Diferencia entre costo mínimo y máximo (Miles de $/ha)	Número de suertes
Adecuación[1]	82	272	21
Preparación[2]	176	1016	25
Siembra	75	619	15
Labores mecánicas	57	320	37
Abonamiento (fertilización)	44	493	38
Control de malezas	45	441	38
Riego	74	1166	36
Drenaje	63	457	38
Agronomía[3]	66	73	29
Gastos generales de campo[4]	172	654	37
Gastos administrativos campo	63	533	27
Otros gastos administrativos[5]	205	1354	31
Total general	34	2985	38

1. Adecuación: estudios básicos, construcción de obras de infraestructura, limpieza de terreno, aplicación de correctivos, nivelación.
2. Preparación: manejo de residuos poscosecha, descepada, subsolada convencional y/o topo, cincelada y rastroarada, rastrillada, surcada, construcción de acequias y bateas, labranza reducida, gastos generales de preparación.
3. Agronomía: evaluación y control de plagas y enfermedades, investigación (ensayos de variedades y labores, evaluación de plantilla y soca), análisis de suelos y tejidos, gastos generales de agronomía.
4. Gastos generales: mantenimiento general de campo e instalaciones, transporte y aplicación de cachaza.
5. Otros gastos administrativos: impuestos (predial y valorización), pago alquiler o participación, maduradores (sólo para proveedores de caña), precosecha (sólo para ingenios), compra de cepas.

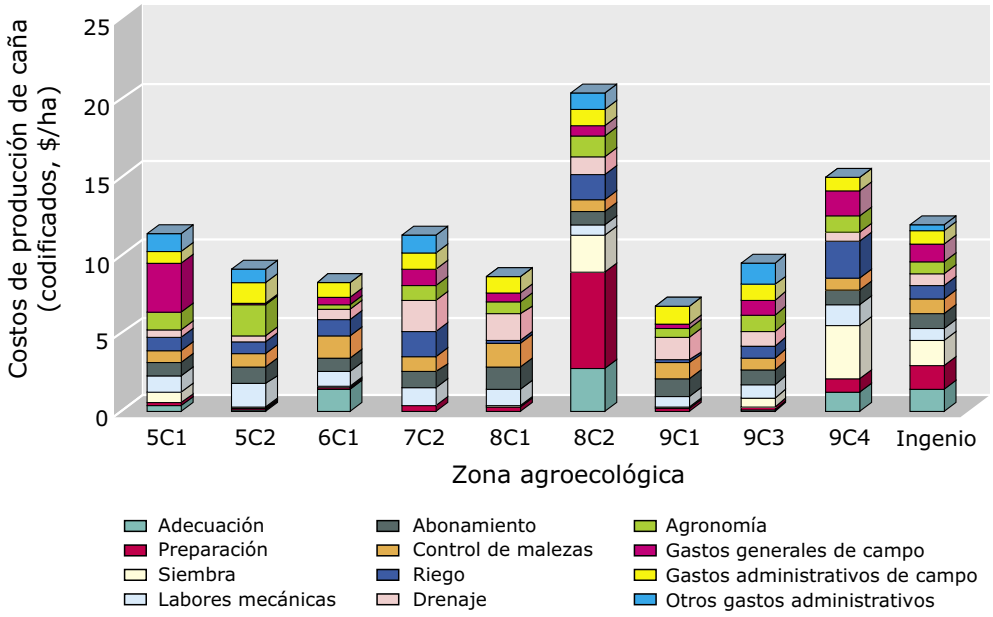


Figura 20. Costos de producción caña (codificados, $/ha) en 13 zonas agroecológicas en un ingenio, 2003.

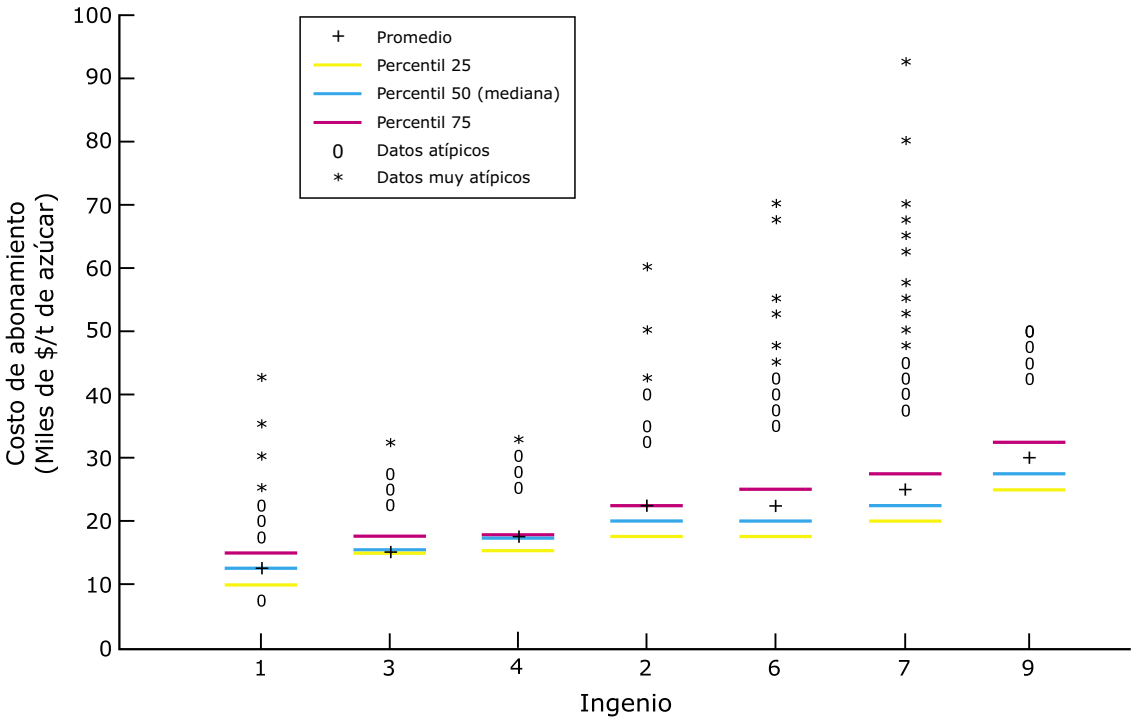
Estandarización de costos de producción

Cenicaña coordina el proceso de estandarización de los costos de producción en el sector azucarero colombiano mediante la gestión de grupos de trabajo en los que participan representantes de los ingenios y los cultivadores de caña. El proceso comenzó en 2002 y al finalizar 2004 se contaba con matrices de costos de campo, cosecha y fábrica, cada una con su marco conceptual de referencia, con base en las cuales se han hecho descripciones y comparaciones más precisas.

Además de conocer la estructura de costos de las labores, procesos y servicios, se han establecido sus variaciones, los factores que inciden en la variación y las mejores prácticas técnico-económicas. El propósito es ofrecer herramientas de apoyo para la toma de decisiones de reducción de costos que contribuyan a incrementar la rentabilidad y la competitividad de las empresas.

A continuación se presentan las estadísticas descriptivas de los costos de abonamiento y riego, labores que representan el mayor porcentaje de los costos de campo. Para el efecto se utilizaron los datos de costos acumulados entre enero y abril de 2004 en siete ingenios y los datos de productividad de las suertes cosechadas por doce ingenios durante 2003.

Con respecto al abonamiento (Figura 21), en el ingenio 7 se observa que en el 25% de las suertes se registran costos superiores a $28,000/t de azúcar, mientras que en el 75% los costos son inferiores. Cifras similares se presentan en los ingenios 6 y 9. Con variaciones pequeñas, costos promedio y medianas de valores bajos, se destacan los ingenios 4 y 3. La identificación de las suertes en cada caso permite verificar las condiciones que definen el nivel de costos presentado, como las zonas agroecológicas, las variables meteorológicas y el manejo del cultivo.



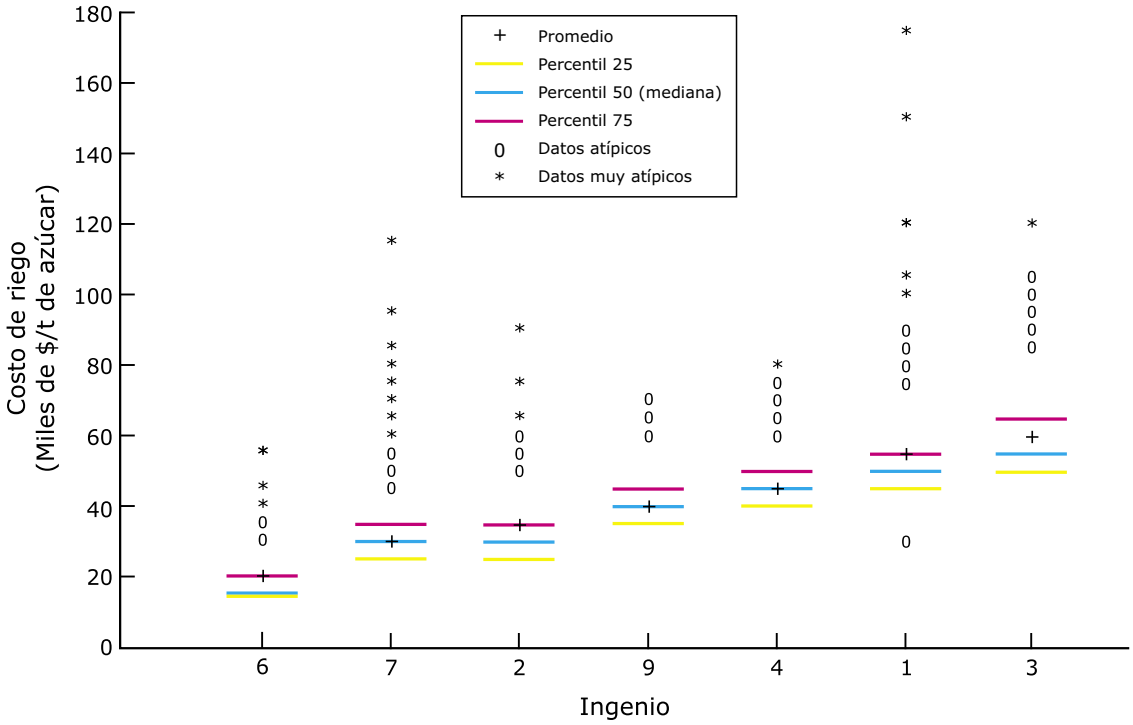
Ingenio	1	3	4	2	6	7	9
$/ha	$208,970	$243,635	$289,581	$310,356	$239,824	$331,353	$405,985
% costo campo	9%	11%	13%	19%	15%	18%	17%

Figura 21. Diagrama de caja con las estadísticas descriptivas de los costos de abonamiento en siete ingenios durante 2003. El percentil 25 indica el costo de abonamiento en el 25% de las suertes; el percentil 50, el costo en el 50% de las suertes (mediana); y el percentil 75, el costo en el 75% de las suertes. El 25% de datos restantes están por encima del percentil 75, donde se incluyen datos atípicos (0) y muy atípicos (*).

En relación con el riego, en la Figura 22 se muestra que los ingenios 6, 2 y 7 registran los costos más bajos por tonelada de azúcar. De los tres, el ingenio 7 (cuyas condiciones climáticas son similares a las del ingenio 6) presenta los mayores costos en el 25% de las suertes; los resultados se pueden explicar porque se encuentran suertes donde se aplicó riego y se obtuvieron rendimientos bajos. En estas suertes es posible que al disminuir el número de riegos se produzcan cantidades similares de azúcar, con la consecuente disminución en los costos de riego y aumentos en la utilidad operacional del ingenio.

De acuerdo con lo anterior, se puede concluir que las variaciones en el rendimiento tienen un efecto importante en la reducción de los costos de campo por cada tonelada de azúcar producida y que existen oportunidades de mejoramiento relacionadas con el manejo, la tecnología y el sistema de producción.

El intercambio de las cifras de costos y los indicadores de eficiencia, así como el análisis de las relaciones causa–efecto entre los factores productivos, permiten conocer y entender el comportamiento de las variables para fortalecer la competitividad y mejorar la rentabilidad del negocio agroindustrial en el mediano plazo.



Ingenio	6	7	2	9	4	1	3
$/ha	$195,639	$403,194	$476,484	$554,886	$749,434	$865,221	$911,863
% costo campo	12%	22%	29%	23%	33%	36%	40%

Figura 22. Diagrama de caja con las estadísticas descriptivas de los costos de riego en siete ingenios durante 2003. El percentil 25 indica el costo de riego en el 25% de las suertes; el percentil 50, el costo en el 50% de las suertes (mediana); y el percentil 75, el costo en el 75% de las suertes. El 25% de datos restantes están por encima del percentil 75, donde se incluyen datos atípicos (0) y muy atípicos (*).

Métodos de análisis de productividad y rentabilidad

Se utilizó el método de correspondencia múltiple para analizar datos de producción y costos de la actividad azucarera. Los datos de producción corresponden a las suertes de caña cosechadas durante 2003 por doce ingenios. Los costos de producción de campo, cosecha y fábrica, así como la utilidad operacional, corresponden a los datos suministrados a abril de 2004 por los ingenios que participan en el proceso de estandarización de costos; para los ingenios que no reportan información se utilizó el promedio de la industria.

El análisis de correspondencia múltiple se usa para estudiar los datos como un arreglo de observaciones (en este caso suertes de caña) descrito por algunas variables categóricas, el cual se muestra a través de un diagrama conocido como mapa perceptual. Dicho mapa representa de forma gráfica, generalmente en dos dimensiones, la asociación entre las variables categóricas para, con base en el conocimiento del fenómeno en estudio, establecer relaciones causa-efecto.

Las categorías de las variables utilizadas para este análisis se indican en el Cuadro 19. Las variedades de caña y las zonas agroecológicas corresponden a aquellas con mayor número de datos.

Cuadro 19. Variables (códigos) y sus categorías consideradas en el análisis de correspondencia múltiple. Datos de producción de 2003, datos de costos enero-abril de 2004.

Ingenios			
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13			
Zonas agroecológicas			
1C0, 2C0, 6C0, 7C0, 2C1, 5C1, 6C1, 5C2, 9C2, 9C3, 9C4			
Variedades de caña			
CC 84-75, CC 85-92, V 71-51, MZC 74-275, PR 61-632			
Toneladas de caña por hectárea (TCH)		**Costos de campo $/t de azúcar ($cam)**	
>150	Alto	>312	Alto
125-150	Medio alto	280-312	Medio alto
100-125	Medio bajo	141-280	Medio bajo
<=100	Bajo	<=141	Bajo
Rendimiento % (Rto.)		**Costos de cosecha $/t de azúcar ($cos)**	
>12	Alto	>170	Alto
11-12	Medio	140-170	Medio
<=11	Bajo	<=140	Bajo
Tamaño de suerte (ha)		**Costos de fábrica $/t de azúcar ($fab)**	
>13	Grande	>140	Alto
4-13	Mediana	120-140	Medio
<=4	Pequeña	<=120	Bajo
Número de corte (cte):		**Utilidad operacional $/t de azúcar ($uop)** [1]	
>3	Alto	>180	Alto
2-3	Medio	80-180	Medio alto
1	Bajo	20-80	Medio bajo
Edad de corte (ed):		<=20	Bajo
>14	Alto	**Tenencia (MD, PV)**	
12-14	Medio	Manejo directo ingenio, tierras propias (MD)	
<12	Bajo	Proveedor, 58 kg/t de caña (PV)	

1. Para el cálculo de la utilidad operacional se tuvo en cuenta el precio ponderado del azúcar por ingenio según tipos de azúcar y mercados, año 2003.

En la Figura 23 se presenta el mapa perceptual. La primera dimensión (eje X) explica la mayor variación de la varianza total, equivalente a 48%, y está determinada fundamentalmente por la variable rendimiento. La segunda dimensión (eje Y) es independiente de la primera y explica la segunda mayor variación de la varianza total, equivalente a 16.6%, y está determinada básicamente por la variable tenencia.

En la primera dimensión se observa que los rendimientos bajos se asocian con costos altos en campo, cosecha y fábrica y con utilidades operacionales bajas. Así, en las zonas agroecológicas 5C1, 5C2 y 9C4 del ingenio 7, donde se cosecha la variedad CC 84-75 en edades tempranas, se observan rendimientos bajos y costos altos en campo y cosecha. Por su parte, los ingenios 5 y 8, también con rendimientos bajos, se caracterizan por costos altos en campo y utilidades operacionales bajas. Con rendimientos altos se caracterizan los ingenios 1, 2, 4 y 11 donde se cosecha la variedad MZC 74-275 y donde los costos de cosecha y fábrica son bajos.

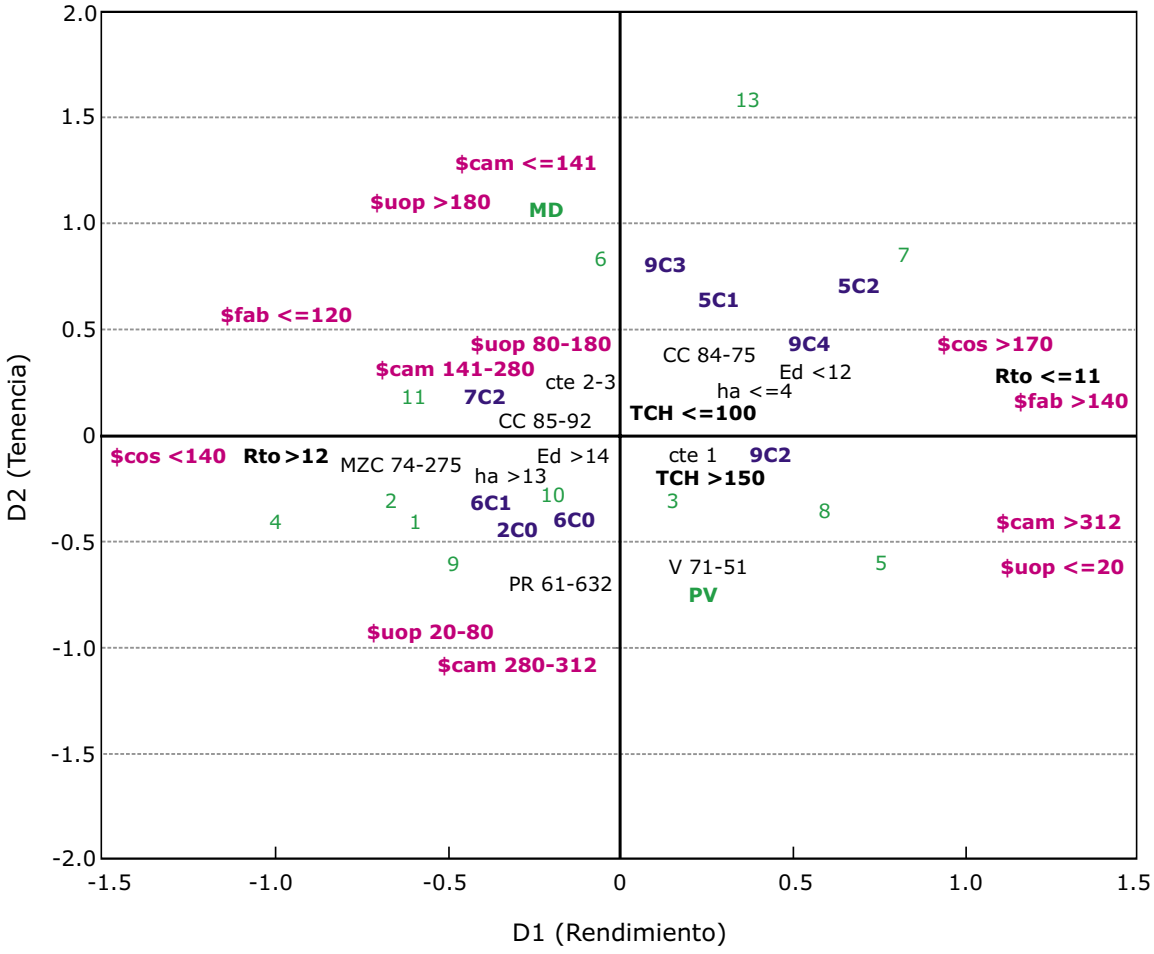


Figura 23. Mapa perceptual (análisis de correspondencia múltiple) con la contribución de las variables relacionadas con la productividad, los costos de producción y la utilidad operacional que explican las dimensiones 1 y 2 (D1, D2). Datos de producción de 2003, datos de costos a abril de 2004. Ver códigos de las variables en el Cuadro 19.

Con respecto a la segunda dimensión, en tierras propias de los ingenios y con manejo directo se observan costos bajos de campo y utilidades operacionales altas, características asociadas con el ingenio 6. Por su parte, las tierras de proveedores de caña con contrato de 58 kg/t de caña se asocian con costos de campo medio altos y utilidades operacionales medio bajas para los ingenios 3 y 9, en suertes ubicadas en las zonas agroecológicas 2C0 y 6C0 donde se cosechan las variedades PR 61-632 y V 71-51.

Servicio de Tecnología Informática

Su misión es definir, facilitar y mantener operativa y en funcionamiento la infraestructura de informática de Cenicaña mediante servicios técnicos y soluciones de hardware, software y bases de datos que, en alineación con los objetivos estratégicos del Centro, apoyen los procesos de investigación y transferencia de conocimientos en el sector azucarero colombiano.

De acuerdo con el plan de trabajo, en el primer semestre de 2004 finalizó la etapa de desarrollo del Sistema de Información de Variedades (Sivar), software aplicado a la administración y el seguimiento de los procesos del programa de mejoramiento genético y selección de variedades de Cenicaña.

El Sivar fue validado desde el punto de vista funcional y se entregó al Programa de Variedades. Los pasos siguientes comprenden un trabajo intensivo de recopilación, ordenamiento y registro de los datos y la información real de las investigaciones, a fin de hacerlos compatibles con la estructura creada en la base de datos del sistema. Actualmente se cuenta con registros en formatos análogos principalmente, y con algunos archivos digitales organizados.

Se espera concluir la tarea de registro durante 2005 para finalmente realizar las pruebas de aceptación con los usuarios, hacer los ajustes del caso e incorporar el uso de Sivar a los procedimientos corrientes del Programa de Variedades.

Este año también se incursionó en el tema de la bioinformática, campo interdisciplinario que integra conocimientos científicos en biología, teoría de la información, tecnología informática y métodos computacionales para analizar los datos generados en los estudios de genómica. Se utilizaron herramientas de sistema operativo y aplicativo disponibles gratuitamente en Internet para implementar una plataforma de informática en versión prototipo y evaluar las opciones para utilizar la bioinformática en Cenicaña.

Como un complemento esencial para la administración de la investigación, se avanzó en la conceptualización de una nueva herramienta automatizada para la formulación y seguimiento de los proyectos de Cenicaña. La herramienta se integrará al sistema institucional de proyectos, con el fin de disponer en línea información actualizada para el personal del Centro.

Servicio de Información y Documentación

El Servicio de Información y Documentación se creó hace 26 años con el objetivo de apoyar la investigación del Centro y suministrar información bibliográfica a los investigadores y al personal vinculado a la industria azucarera para que lleven a cabo proyectos y actividades.

Su misión es mantener actualizado al sector azucarero en las metodologías y avances tecnológicos referentes al cultivo y procesamiento de la caña de azúcar mediante el acceso a la documentación bibliográfica.

Así, durante 2004 se dio continuidad a los servicios de adquisición de documentos, consulta en sala, préstamo de material bibliográfico, préstamo interbibliotecario, fotocopia de documentos científicos, envío de documentos, intercambio de información con otras bibliotecas, referencia y bibliografía.

Se destaca el avance en el establecimiento del sistema de gestión de calidad de acuerdo con la norma ISO 9001-2000, con miras a la certificación del Servicio.

En el Cuadro 20 se presentan las estadísticas de los procesos técnicos de la biblioteca y los servicios prestados. La base de datos bibliográfica sobre caña de azúcar completó 28,197 registros de documentación sobre el cultivo, industria y subproductos, mientras que la colección general, especializada en agricultura, sumó 4052 documentos. Se adquirieron 832 nuevos materiales, el 90% correspondiente a revistas. De esta manera, se continúa en el crecimiento y la actualización de la base de datos para asegurar a los usuarios la recuperación de información nueva, recopilada mediante la suscripción a publicaciones internacionales.

A la sala de lectura se acercaron 2001 usuarios que solicitaron 4902 materiales bibliográficos, el 40% para consulta en sala y el 60% para llevar a la casa u oficina.

Se distribuyeron entre ingenios, cultivadores y bibliotecas, las publicaciones producidas por Cenicaña. Este envío a otras bibliotecas garantiza la adquisición de publicaciones mediante canje. Además, se donaron 599 documentos duplicados a otras instituciones, fortaleciendo así la cooperación existente.

Cuadro 20. Estadísticas del Servicio de Información y Documentación de Cenicaña, 2004.

Adquisiciones	
Documentos recibidos	832
Colección caña	54
Colección general	32
Revistas	746
Registro y análisis	
Colección caña	
Base de datos CAÑA	832
Total general	*28,197*
Colección general	97
Base de datos LIBROS	97
Total general	*4052*
Hemeroteca	
Base de datos PEPE	5
Total general	*664*
Mapas registrados	1
Total general	*301*
Revistas registradas	565
Analíticas revistas	368
Fichas elaboradas	834
Divulgación de información	
Publicaciones distribuidas	
Páginas de contenido internas	25
Carta Trimestral	3
Serie Técnica	2
Serie Procesos Industriales	2
Informe Anual	1
Servicios a los usuarios	
Usuarios atendidos en sala	2001
Préstamos	4902
En sala de lectura	2919
A domicilio	1983
Distribuidos en	
Revistas	1544
Documentos	2835
Equipos	523
Solicitud fotocopias	85
Páginas fotocopiadas	5580
Publicaciones donadas	599

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Este Servicio se encarga de impulsar la innovación tecnológica en el sector azucarero colombiano a través de programas de transferencia y capacitación acerca de las tecnologías identificadas como promisorias en el proceso de investigación, con la misión de asegurar la adopción de prácticas sostenibles en las unidades productivas de acuerdo con el concepto de la agricultura específica por sitio.

Para cumplir su misión, el Servicio realiza estudios sistemáticos sobre el mercado de la tecnología, coordina el desarrollo de las estrategias y los programas de mercadeo del Centro y la producción de los medios divulgativos de apoyo.

Durante 2004, los estudios de mercado fueron complementados con los resultados de tres talleres de caracterización de base realizados con técnicos y proveedores de caña de los ingenios Incauca, Riopaila y Sancarlos vinculados recientemente a la Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT). Comenzaron las entrevistas de seguimiento en los ingenios Manuelita y Providencia luego de dos años de actividades con los GTT correspondientes y se tabularon las conclusiones de las mesas redondas posteriores a los días de campo que tuvieron lugar entre 2001 y 2004 con los GTT de ocho ingenios.

En relación con la validación comercial de tecnología se presentan los resultados de avance en las fincas piloto sembradas en 2001 en los ingenios Incauca y Riopaila, y la descripción de un experimento de prácticas reducidas sembrado en septiembre de 2004 en el Ingenio Providencia, zona agroecológica 3C0, con el objetivo de evaluar alternativas de producción de caña de menor costo y mayor utilidad operacional.

El sistema interactivo de información integrado en el sitio Web de Cenicaña creció en contenido, servicios y número de usuarios. Se coordinaron la producción editorial de publicaciones impresas, la logística de atención de visitantes en la Estación Experimental y la capacitación en el uso del programa automatizado Balance Hídrico v.3.0 (más información sobre las actividades de transferencia en el Anexo, páginas 86 a 95).

Finalizaron las actividades propuestas en la segunda fase del proyecto "Agricultura Específica por Sitio" y se formuló la tercera fase con los objetivos de mejorar la precisión de la zonificación agroecológica y fortalecer la capacidad de interacción con el sistema de información para la adopción de la agricultura específica por sitio.

Investigación de mercado

Cenicaña define sus estrategias de comunicación y transferencia de acuerdo con un modelo de desarrollo tecnológico que adopta los principios de la mercadotecnia social para atender con soluciones tecnológicas las demandas de la población constituida por los productores de caña y azúcar localizados en el valle del río Cauca.

La identificación de demandas se complementa con la caracterización socioeconómica de los productores y sus unidades productivas y con información acerca del sistema de producción, las tecnologías en uso y los niveles de adopción. Para el efecto se realizan estudios de caracterización de base, estudios de síntesis y seguimiento dinámico, a través de los cuales se establecen indicadores de adopción de tecnología que contribuyen a comprender y orientar el cambio técnico en el sector.

En el marco del programa de la Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT), en 2004 se analizaron los resultados de la caracterización de base con los grupos de Incauca, Riopaila y Sancarlos. También se llevaron a cabo entrevistas de seguimiento con los grupos de Manuelita y Providencia (ver página 62).

Los indicadores muestran el nivel de adopción de tecnologías y servicios especializados ofrecidos por Cenicaña, las razones de uso y no uso, los niveles de conocimiento acerca de las tecnologías, las preferencias de medios de formación y comunicación y las características de los productores y las estructuras productivas. Comprenden aspectos de drenaje, preparación de suelos, semilleros y siembra, fertilización, riego, maduración, administración y automatización, servicios de Cenicaña, participación de los productores en asociaciones gremiales, participación en la toma de decisiones de adopción en las unidades productivas y estrategias para alcanzar las metas de producción.

La documentación disponible acerca de los indicadores de caracterización y seguimiento de tecnología se encuentra en la biblioteca y en el sitio Web de Cenicaña. A manera de ejemplo se presentan los resultados de la caracterización de base sobre los sistemas de programación de riego utilizados por los seis grupos de transferencia de tecnología conformados en Incauca (Figura 24).

De forma complementaria, se elaboró un informe acerca de las necesidades de investigación, desarrollo tecnológico, información técnica y capacitación expresadas por los cañicultores en las mesas redondas que siguieron a los días de campo realizados con los GTT de ocho ingenios entre 2001 y 2004. La información fue distribuida internamente para análisis. Como ejemplo se presentan las necesidades de desarrollo tecnológico expresadas en relación con el manejo de los residuos de cosecha y las labores de cultivo en el sistema de producción de caña verde (Cuadro 21).

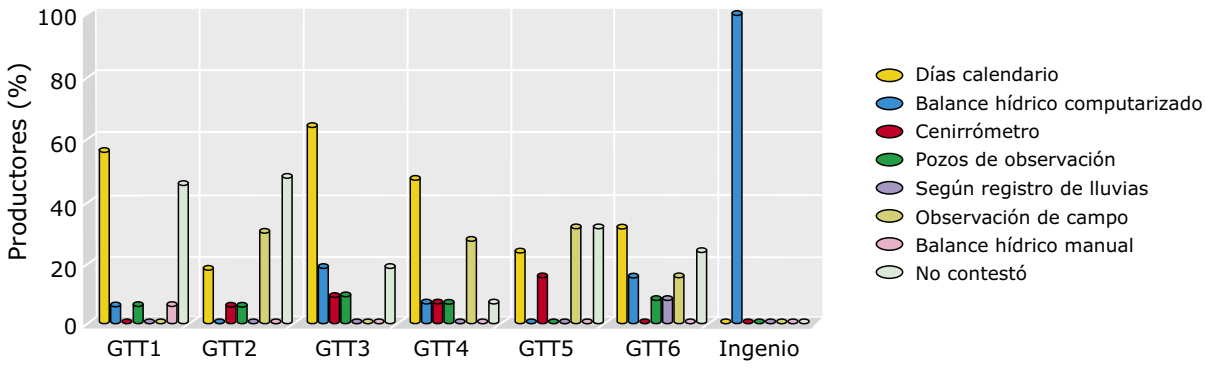


Figura 24. Caracterización de base sobre el uso de sistemas de programación de riego en las fincas de los productores GTT de Incauca, 2004.

Cuadro 21. Necesidades de desarrollo tecnológico en manejo de residuos y labores de cultivo expresadas por los productores participantes en los grupos de transferencia de tecnología, 2001-2004.

Solicitudes de desarrollo tecnológico en manejo de residuos y labores de cultivo en el sistema de producción de caña verde	**GTT de ingenios**
Alternativas tecnológicas para el manejo de los residuos	Manuelita, Providencia, Risaralda
Alternativas biológicas para la descomposición de los residuos	Incauca, Mayagüez
Opciones para el picado de los residuos	Todos
Evaluación de cambios en el suelo por la incorporación de residuos	Providencia
Desarrollo de variedades de caña que faciliten el manejo de los residuos	Incauca, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Risaralda
Continuación de ensayos comparativos con surco doble modificado (SDM) y distancias de 1.75 m y 1.50 m	Incauca, Mayagüez, Pichichí, Risaralda
Establecimiento de ensayos en ingenios para evaluar las labores de preparación de suelos y levantamiento de socas de acuerdo con las zonas agroecológicas (implementos, profundidad, secuencia de labores, momento oportuno)	Todos
Diseño de implementos de cultivo que mejoren la roturación del suelo en la zona de raíces con mínimo requerimiento de potencia, de acuerdo con las zonas agroecológicas	Incauca, Riopaila

Finalmente, durante 2004 se implementó una versión mejorada de la base de datos Cenpro, solución informática para el registro, administración y consulta de los datos de identificación de los clientes de Cenicaña. Esta herramienta, desarrollada por el Servicio de Tecnología Informática, es eficaz para apoyar las actividades de transferencia, la distribución de la información técnica producida por Cenicaña y la comunicación con los productores, técnicos y administradores de la agroindustria (Figura 25).

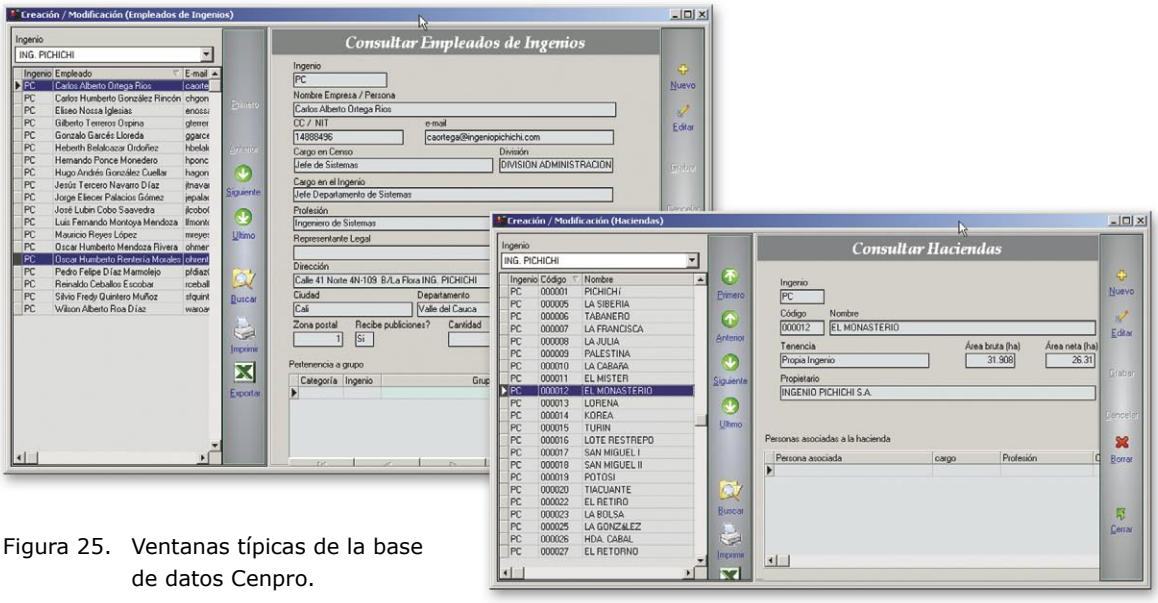


Figura 25. Ventanas típicas de la base de datos Cenpro.

Red de Grupos de Transferencia de Tecnología

El objetivo general de la Red de Grupos de Transferencia de Tecnología es desarrollar un programa de comunicación articulado entre Cenicaña, ingenios y proveedores de caña para impulsar la innovación tecnológica en las unidades productivas a través de metodologías grupales de transferencia.

La dinámica de la red GTT apoya la innovación tecnológica y el desarrollo sostenible de las empresas agrícolas a través de la gestión de conocimiento e información, la difusión de los resultados de investigación y el diálogo en torno de las mejores prácticas utilizadas en la agroindustria según las características de cada sitio de cultivo. Las actividades han contribuido a fortalecer las relaciones de comunicación entre cañicultores, técnicos e investigadores.

En diciembre de 2004, cerca de 730 cañicultores responsables de la producción en 90 mil hectáreas hacían parte de la red GTT, conformada mediante proyectos cooperativos entre Cenicaña y los ingenios Central Castilla, Incauca, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda y Sancarlos. El área de influencia de estos ingenios es de 170,000 hectáreas, el 86% de la industria (Cuadro 22).

Durante el año se llevaron a cabo 108 eventos de transferencia que incluyeron dos reuniones de presentación del proyecto, dos talleres de caracterización de base y definición de prioridades de información técnica, 87 días de campo y mesas redondas, 16 conferencias plenarias y una gira técnica a Brasil. La información presentada en los eventos se encuentra en el sitio Web de Cenicaña (Cuadro 23).

La asistencia a los días de campo fue de 55% por evento en promedio, mientras que la participación de los proveedores en el programa alcanzó el 85%. También asistieron y participaron profesionales de campo de los ingenios, jefes de zona, directores de los

Cuadro 22. Grupos de transferencia de tecnología (GTT) conformados con los cultivadores de caña del valle del río Cauca y área de influencia por ingenio a diciembre de 2004.

Ingenio	Número de grupos GTT	Año de iniciación	Área de influencia (ha)
Central Castilla	3	2003	18,723
Incauca	6	2003	37,329
Manuelita	3	2002	23,331
Mayagüez	3	2003	17,167
Pichichí	2	2003	11,999
Providencia	3	2002	22,490
Riopaila	2	2004	20,211
Risaralda	3	2001	11,778
Sancarlos	1	2004	6,934
Total ingenios GTT	26	—	169,963
Total industria	—	—	197,013

Cuadro 23. Actividades realizadas en los grupos de transferencia de tecnología de nueve ingenios en 2004.

Ingenio Central Castilla **69 productores, dos grupos GTT**
▪ **Diez días de campo:** Manejo de residuos, manejo de aguas, fertilización y nutrición, cosecha y compactación, diseño y adecuación. ▪ **Una conferencia plenaria:** Presentación del sistema interactivo de información en www. cenicana.org
Incauca **159 productores, tres GTT**
▪ **Quince días de campo:** Manejo de residuos, drenaje, variedades, manejo de aguas, fertilización. ▪ **Dos conferencias plenarias:** Resultados caracterización de base, Presentación del sistema interactivo de información en www.cenicana.org
Ingenio Manuelita **75 productores, tres GTT**
▪ **Dieciseis días de campo:** Avances en variedades promisorias, control de malezas, manejo de insectos plaga, control administrativo del riego, muestreo de suelos para fertilidad e interpretación del análisis de suelos, estudio detallado de suelos y mapas de fertilidad. ▪ **Dos conferencias plenarias:** Requerimientos y herramientas para la aplicación de la agricultura específica por sitio, presentación del sistema interactivo de información en www.cenicana.org
Ingenio Mayagüez **92 productores, tres GTT**
▪ **Quince días de campo:** Variedades, fertilización, cosecha y compactación, control de malezas, diseño y adecuación. ▪ **Una conferencias plenaria:** Costos y administración.
Ingenio Pichichí **43 productores, dos GTT**
▪ **Diez días de campo:** Manejo de residuos, variedades, manejo de aguas, fertilización, cosecha y compactación.
Ingenio Providencia **117 productores, dos GTT**
▪ **Quince días de campo:** Avances en variedades promisorias, manejo de insectos plaga, control de malezas, cosecha y compactación, control administrativo del riego. ▪ **Dos conferencias plenarias:** Costos y administración, presentación del sistema interactivo de información en www.cenicana.org
Ingenio Riopaila **41 productores, dos GTT**
▪ **Dos talleres de diagnóstico:** Caracterización de base. ▪ **Seis días de campo:** Proyecto GTT, manejo de residuos, manejo de aguas, manejo de suelos. ▪ **Tres conferencias plenarias:** Zonificación agroecológica, resultados caracterización de base, presentación del sistema interactivo de información en www.cenicana.org
Ingenio Sancarlos **33 productores, un GTT**
▪ **Tres conferencias plenarias:** Proyecto GTT, zonificación agroecológica, resultados caracterización de base. ▪ **Un taller de diagnóstico:** Caracterización de base.
Ingenio Risaralda **54 productores, un GTT**
▪ Misión tecnológica al Brasil. ▪ **Dos conferencias plenarias:** Avances en variedades promisorias, uso de vinaza para fertilización de cultivos y para alimentación animal.

Resumen de eventos	▪ 87 días de campo ▪ 16 conferencias ▪ 2 reuniones de presentación de proyecto GTT ▪ 2 talleres de caracterización de base y priorización ▪ 1 gira técnica al Brasil

departamentos de investigación y agronomía e ingenieros de riegos, adecuación de tierras y cosecha. En total, 38 productores de caña realizaron presentaciones sobre las mejores prácticas utilizadas en sus unidades productivas en las diferentes áreas técnicas, 43 profesionales de campo de los ingenios y 16 investigadores de Cenicaña participaron como conferencistas.

En la gira técnica a Brasil participaron 14 cañicultores de los GTT del Ingenio Risaralda y siete profesionales de campo de los ingenios Risaralda y Riopaila y del servicio de transferencia de Cenicaña. La gira fue cofinanciada por Colciencias a través de la "Convocatoria para el apoyo a misiones tecnológicas, promoción de alianzas estratégicas tecnológicas y eventos tecnológicos internacionales". Incluyó visitas a centros de desarrollo tecnológico, ingenios azucareros, haciendas cañeras, cooperativas de cañicultores e industrias de maquinaria agrícola. El énfasis estuvo dirigido a conocer los mecanismos e instrumentos utilizados para impulsar la innovación tecnológica, los modelos organizativos de las cooperativas, sistemas y costos de producción de caña de azúcar para producción dual de azúcar y alcohol, y el sistema de compra-venta de caña establecido entre productores e ingenios. El texto completo del informe está disponible en el sitio Web de Cenicaña.

Seguimiento y evaluación

Las actividades de seguimiento y evaluación comprenden estudios sobre la adopción de las tecnologías de campo y el impacto de las estrategias de transferencia de tecnología que influencian el proceso de innovación tecnológica.

El proyecto GTT en cada ingenio comienza con una caracterización de base a través de la cual se establecen indicadores sobre el uso de tecnología en las fincas con manejo directo de los ingenios y en las fincas de los proveedores de caña. Los estudios de seguimiento se realizan luego de dos años de desarrollo del programa de transferencia, mediante entrevistas directas con una muestra representativa de cañicultores.

Durante 2004 se realizaron las entrevistas de seguimiento con los cañicultores del Ingenio Manuelita y se iniciaron en el Ingenio Providencia.

El análisis descriptivo del seguimiento en el Ingenio Manuelita señala incrementos en la adopción de las tecnologías divulgadas durante los 30 eventos de transferencia realizados hasta agosto de 2004 (Cuadro 24).

La totalidad de los cañicultores entrevistados manifestó su satisfacción con el programa: *"Hemos recibido información actualizada y de interés, nuestro aprendizaje ha aumentado, ahora conocemos mejor las nuevas tecnologías y hemos iniciado su aplicación. Consideramos que la metodología grupal de transferencia de tecnología es una estrategia que fomenta la interacción entre los cañicultores, los investigadores de Cenicaña y los técnicos del Ingenio".*

Cuadro 24. Cambios en la adopción de tecnologías en los grupos de transferencia de tecnología (GTT) del Ingenio Manuelita, 2002 y 2004.

Temas	Porcentaje de productores que adoptan	
	2002	2004
1. Zonificación agroecológica		
▪ Conocimiento de las zonas agroecológicas en las haciendas	5	68
▪ Aplicación del concepto de zona agroecológica para decidir las prácticas de cultivo	0	60
▪ Aplicación del concepto de zona agroecológica para decidir acerca de variedades por sembrar	0	52
2. Manejo de aguas		
▪ Riego por surcos alternos	25	92
▪ Balance hídrico para programar riegos	30	47
3. Fertilización y nutrición		
▪ Análisis de suelos	60	92
▪ Uso del laboratorio de Cenicaña	22	73
4. Diseño de los campos		
▪ Distancia entre surcos de 1.5 m en áreas de renovación	62	0
▪ Distancia entre surcos de 1.75 m en áreas de renovación	39	45
▪ Distancia entre surcos de 1.65 m en áreas de renovación	22	73
5. Comunicación		
▪ Utilización de la página web de Cenicaña	29	74
▪ Alto grado de comunicación con Cenicaña	60	100

Fincas piloto

Cenicaña fomenta el establecimiento de fincas piloto en tierras de los ingenios con el fin de probar tecnologías promisorias, de impacto en áreas representativas de la industria azucarera. En el proceso participan activamente técnicos de los ingenios, productores de caña e investigadores del Centro.

En 2002 se establecieron tres fincas en los ingenios Incauca (haciendas Cachimbalito y El Naranjo) y Riopaila (hacienda Valparaíso) para probar variedades y tecnologías de manejo agronómico en condiciones difíciles de suelos arcillosos con alta humedad. Durante 2004 se hizo seguimiento al desarrollo y la producción de las siete variedades en evaluación, en su primera soca. Se presentan los resultados en las haciendas El Naranjo y Valparaíso.

Se realizaron durante este año seis días de campo con los integrantes del Comité Técnico de cada ingenio.

Incauca: hacienda El Naranjo

Las áreas piloto en la hacienda El Naranjo están localizadas en la zona agroecológica 9C3, en suelos Puerto Tejada (Inceptisols, suerte 2) y Cabaña (Mollisols, suerte 6) con excesos de humedad en el balance hídrico entre 200 y 400 mm/año. La cosecha de la primera soca de las variedades CC 84-75, CC 85-92 y CC 93-744 sembradas en surco doble modificado (SDM) y espaciamientos de 1.40 m y 1.75 m entre surcos se realizó manualmente en verde a los 16.5 meses de edad.

Las mayores producciones de caña de las tres variedades sembradas en estas condiciones agroecológicas se obtuvieron con el espaciamiento de 1.40 m, mientras que las menores producciones se presentaron en las áreas sembradas en SDM. Al comparar las tres variedades, la CC 85-92 tuvo las producciones más altas y la CC 93-744 presentó las más bajas, con las diferentes distancias (Cuadro 25).

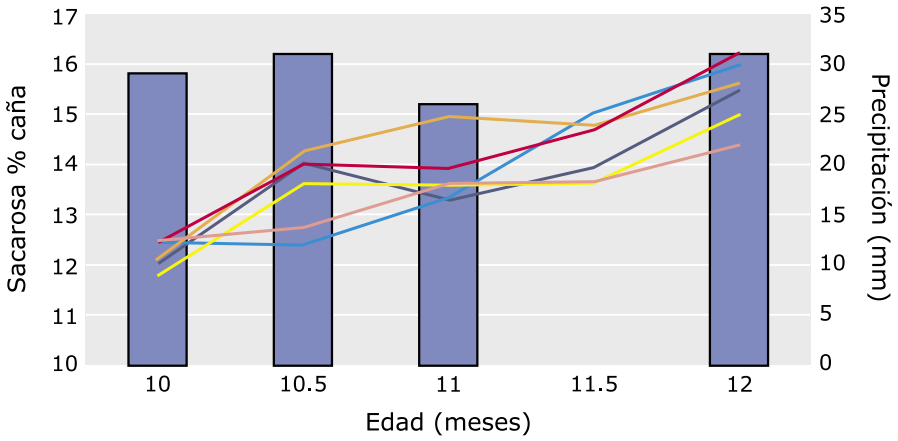
Cuadro 25. Producción de variedades en primera soca en la hacienda El Naranjo, finca piloto de Incauca (parcelas entre 1.45 ha y 1.78 ha). Edad de cosecha: 16.5 meses.

Distancia (suerte)	TCH	TCHM	Rto. (%)	TAHM
CC 84-75				
1.40 m (6)	116	6.78	11.74	0.80
1.75 m (6)	93	5.43	12.11	0.66
1.75 m (2)	116	6.73	10.87	0.73
SDM (2)	97	5.67	11.71	0.66
CC 85-92				
1.40 m (6)	155	9.07	11.35	1.02
1.75 m (6)	112	6.56	12.12	0.80
1.75 m (2)	129	7.51	11.53	0.86
SDM (2)	92	5.34	11.31	0.60
CC 93-744				
1.40 m (6)	129	7.62	13.38	1.05
1.75 m (6)	110	6.50	12.95	0.84
1.75 m (2)	101	5.88	12.34	0.73
SDM (2)	74	4.32	13.18	0.56

Ingenio Riopaila: hacienda Valparaíso

La hacienda Valparaíso está localizada en la zona agroecológica 7C3, en suelos Burrigá-Ingenio (Vertisols húmedo) con excesos en el balance hídrico entre 200 y 400 mm/año. En esta finca, en las suertes 22 y 23 se realizó un seguimiento al desarrollo y la producción de las variedades CC 84-75, CC 92-2198 y CC 93-7510 sembradas en SDM y espaciamiento de 1.75 m, en ambos casos con siembra en el lomo.

La cosecha de la primera soca se realizó manualmente en verde a los 12 meses de edad (agosto de 2004) con el propósito de realizar las labores de levantamiento y desarrollo de la segunda soca antes de la temporada lluviosa. En las curvas de maduración de las variedades se observa que, de haber cosechado a edades mayores, posiblemente se hubieran obtenido rendimientos más altos (Figura 26).



Cronológico	Jul 08-04	Jul 22-04	Ago 06-04	Ago 18-04	Ago 31-04
Precipitación (mm)	29	31	26	0	31
CC 84-75 SDM*	12.05	13.99	13.30	13.94	15.45
CC 84-75 1.75 m	12.44	12.39	13.33	15.02	15.96
CC 92-2198 SDM	12.13	14.27	14.96	14.78	15.64
CC 92-2198 1.75 m	11.79	13.61	13.58	13.63	14.97
CC 93-7510 SDM	12.38	14.02	13.90	14.69	16.20
CC 93-7510 1.75 m	12.48	12.73	13.62	13.65	14.38

*SDM: Surco doble modificado

Figura 26. Curva de maduración en términos de sacarosa en caña de tres variedades cosechadas (primera soca) en la hacienda Valparaíso, finca piloto del Ingenio Riopaila.

Las tres variedades presentaron las mayores producciones con el espaciamiento de 1.75 m. Las producciones más altas correspondieron a las variedades CC 84-75 y CC 92-2198 y la más baja a CC 93-7510. En las tres variedades, el mayor rendimiento teórico se registró con el sistema de SDM (Cuadro 26).

Cuadro 26. Producción de variedades en primera soca en la hacienda Valparaíso, finca piloto del Ingenio Riopaila (parcelas entre 1.03 ha y 5.79 ha). Edad de cosecha: 12 meses.

Distancia	TCH	TCHM	Rto. (%)	TAHM
CC 84-75				
1.75 m	116	9.65	10.44	1.02
SDM	82	6.83	13.32	0.92
CC 92-2198				
1.75 m	115	9.62	11.55	1.13
SDM	72	6.02	12.16	0.74
CC 93-7510				
1.75 m	97	8.10	11.49	0.94
SDM	59	4.87	13.17	0.65

Experimento de prácticas reducidas

Este experimento fue sembrado en septiembre de 2004 en la hacienda La Esmeralda del Ingenio Providencia, suelo Nima (Mollisols seco, zona agroecológica 3C0), con el objetivo de evaluar sistemas de producción de caña con prácticas reducidas en comparación con el sistema convencional utilizado en el Ingenio, a fin de identificar alternativas de menores costos y mayor utilidad operacional.

Los sistemas en evaluación están definidos en siete tratamientos que combinan prácticas convencionales y reducidas en un arreglo factorial, considerando como variables las labores de preparación de suelos, distancia de siembra (bandereo), manejo del agua (frecuencia y método de aplicación de riego), control de malezas y fertilización.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento, para un total de 21 parcelas de 2500 m^2 cada una. En el tratamiento 1 (testigo) todas las labores corresponden al manejo convencional dado por el Ingenio; en los tratamientos 2 a 6 se alterna una labor convencional con las demás labores de forma reducida; y en el tratamiento 7 todas las labores son reducidas.

De acuerdo con los registros de costos durante los primeros cuatro meses de edad del cultivo (septiembre-diciembre 2004), el rubro por preparación de suelos disminuyó 32% en los tratamientos con labranza reducida *versus* los tratamientos con labranza convencional; la forma de preparación afectó también los costos de control de malezas.

Por su parte, el uso de distancias de bandereo de 12 m representó un costo 14% inferior en comparación con el bandereo de 10 m, utilizando en ambos casos semilla de alta calidad. Las diferencias de los costos de producción entre los tratamientos serán más notorias cuando se registren los riegos de levantamiento (Cuadro 27).

Subsuelo, surcado y siembra en los tratamientos de prácticas reducidas. Ingenio Providencia.

Cuadro 27. Costos relativos de las labores realizadas en siete tratamientos evaluados en el experimento de prácticas reducidas sembrado con la variedad CC 85-92 en la hacienda La Esmeralda del Ingenio Providencia (septiembre-diciembre de 2004).

	Costos relativos por labor, tomando como referencia el tratamiento T1 (%)							
Tratamiento[1]	**Preparación[2]** (sep.6)	**Siembra[2]** (sep.9)	**Riego germinación** (sep.17 y oct. 4)	**Control químico malezas** (oct.8 y dic.29)	**Fertilización** (oct.21 y nov.10, conv.; oct.30, red.)	**Aporque de discos** (nov.11)	**Control manual malezas** (nov.12)	**Total**
T1: Todas las prácticas convencionales	100	100	100	100	100	100	100	100
T2: Fertilización convencional	68	86	100	—	100	100	107	83
T3: Control malezas convencional	68	86	100	—	51	100	97	68
T4: Riego convencional	68	86	100	—	51	100	102	68
T5: Bandereo convencional	68	100	100	—	51	100	112	71
T6: Preparación suelos convencional	100	86	100	100	51	100	60	81
T7: Todas las prácticas reducidas	68	86	100	—	51	100	105	68

1. Prácticas convencionales: *labranza convencional, bandereo 10 m, control malezas químico y manual si se requiere, programación riego con balance hídrico y aplicación por surcos continuos, fertilización fraccionada en dos aplicaciones (urea: 350 kg/ha; KCl: 50kg/ha), aporque.*
   Prácticas reducidas: *labranza reducida, bandereo 12 m, control malezas manual, programación de riego con K=0.3 para balance hídrico en todo el ciclo y aplicación por surcos alternos, fertilización en una aplicación (urea: 200 kg/ha), aporque.*
   Nota: En la descripción de los tratamientos 2 a 6 todas las labores adicionales corresponden a prácticas reducidas.
2. Los costos de preparación y siembra fueron distribuidos en cuatro cortes.

Producción de material divulgativo

Las publicaciones impresas y el sitio Web de Cenicaña son medios de comunicación de carácter masivo, utilizados para difundir información sobre los avances de la investigación, el desarrollo y la oferta de servicios y tecnología para el sector productivo.

Durante 2004 se editaron ocho números de cuatro publicaciones seriadas, los cuales fueron publicados también en el sitio Web de Cenicaña en formato de documento portátil (PDF).

Al finalizar noviembre, el sitio Web contaba con 417 páginas, 300 documentos de texto y 260 presentaciones en PDF. Para el seguimiento de las visitas realizadas al sitio se cuenta con una herramienta automatizada que registra los accesos por página de acuerdo con criterios predefinidos. Entre enero y noviembre de 2004 se registraron 57,900 visitas, el 90% a páginas públicas (Internet) y el 10% a páginas privadas (Extranet).

El número de usuarios con clave pasó de 11 en noviembre de 2003 a 449 en noviembre de 2004, de los cuales 221 son personas vinculadas con las fincas proveedoras de caña y 228 son personas vinculadas con ingenios azucareros e instituciones del sector, incluyendo Cenicaña. Durante este período, los usuarios con clave recibieron siete boletines de aviso sobre las novedades en Web.

Publicaciones editadas, 2004

Carta Trimestral
ISSN 0121-0327

v.26, no.1, 44p.

- Servicios de información en web
- Notas técnicas e informativas
- Experiencias en el manejo del riego en la hacienda Valparaíso (finca piloto del Ingenio Riopaila S.A.)
- Avances en la evaluación de la extracción del primer molino
- Etanol como combustible para vehículos
- Clima y producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca, 2003
- Variedades promisorias a escalas semicomercial y experimental en la industria azucarera, 2003
- Grupos de transferencia de tecnología: avances durante 2003
- Servicio de diagnóstico de patógenos, 2003
- Estadísticas del Laboratorio de Química, 2003
- Boletín climatológico: cuarto trimestre, segundo semestre y año 2003

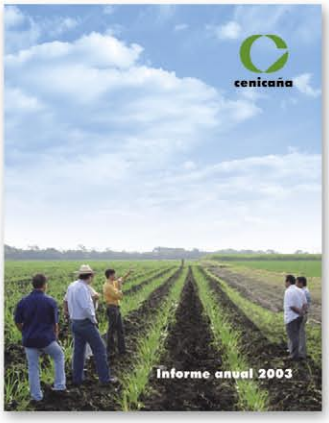
v.26, nos.2 y 3, 52p.

- Novedades en www.cenicana.org
- Nuevas alternativas para el aprovechamiento industrial de los residuos de la caña de azúcar
- Brote de *Caligo illioneus* en el valle del río Cauca
- Nuevas variedades de caña de azúcar: un reto constante. Los resultados del primer corte de las pruebas regionales de variedades CC de las series 93 y 94 sugieren los mejores pronósticos
- Clima y producción azucarera en el valle del río Cauca, primer semestre de 2004
- Avances del estudio detallado de suelos en las áreas sembradas con caña de azúcar en el valle del río Cauca
- Cogeneración industrial para el sector azucarero colombiano introduciendo y aplicando el enfoque ESCO. Proyecto Asocaña-Gef, Col/99G41. Resumen del informe final
- Actividades con los Grupos de Transferencia de Tecnología, primer semestre de 2004
- Boletín climatológico: segundo trimestre y primer semestre de 2004
- Novedades editoriales

v.26, no.4, 32p.

- Novedades en www.cenicana.org
- Notas técnicas e informativas
- Dosis de vinaza para la caña de azúcar en suelos del valle del río Cauca
- Efecto de las cenizas en el poder calorífico superior del bagazo de la caña de azúcar
- Determinación del agotamiento de la miel final en dos ingenios azucareros
- Clima y producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca a septiembre de 2004
- Boletín climatológico, tercer trimestre de 2004
- La potencialidad de un programa de derivados de la caña y el azúcar
- Política de manejo de las variedades obtenidas por Cenicaña

Informe Anual 2003
ISSN 0120-5854



En 96 páginas Cenicaña presenta los principales avances de investigación y el resumen de las actividades de transferencia de tecnología durante 2003. Se exponen las características del clima en el valle del río Cauca y los resultados de la actividad azucarera con indicadores de campo y fábrica de los ingenios donantes del Centro.

Documentación y publicaciones

La recuperación de documentación bibliográfica y la edición de publicaciones son parte fundamental de los servicios ofrecidos por Cenicaña para apoyar los procesos de investigación, desarrollo y adopción de tecnología.

Acceso en línea a las referencias bibliográficas de la colección de caña de azúcar y a las publicaciones impresas editadas por el Centro.

www.cenicana.org/documentacion/index.htm

Serie Técnica
ISSN 0121-5846

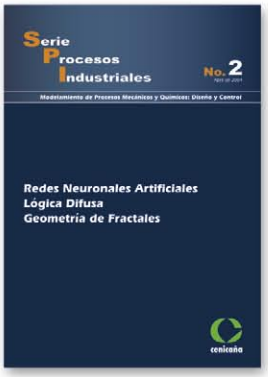
No.33, 66p.

Avances técnicos para la programación y el manejo del riego en caña de azúcar. Segunda Edición.
Torres, J.S.; Cruz V., R.; Villegas, F.
Se propone disminuir los costos de riego en caña de azúcar en el valle del río Cauca (Colombia), mediante la adopción del balance hídrico para la programación de los riegos, la medición de agua por medio del aforador RBC y la utilización de tecnologías de riego como: surco alterno, politubulares y tubería rígida con compuertas. Todas ellas complementadas con el cuidado de las fuentes de agua y el conocimiento de las relaciones suelo–agua–planta–atmósfera. Se presentan alternativas para la implementación del balance hídrico y su aplicación en la zonificación climática regional como herramienta clave para el desarrollo sostenible de la agricultura específica por sitio.
Palabras clave: riego, agua, balance hídrico, suelos, aforadores, riego por surcos, equipo, politubulares.

No.34, 73p.

Desarrollo de un sistema interactivo de información en web con el enfoque de agricultura específica por sitio.
Isaacs E., C.H.; Carrillo C., V.; Anderson A., E.; Carbonell G., J.; Ortiz U., B.V.
Cenicaña define la agricultura específica por sitio (AEPS) como el arte de realizar las prácticas agronómicas requeridas por una especie vegetal de acuerdo con las condiciones espaciales y temporales del sitio donde se cultiva, para obtener de ella su máximo rendimiento potencial. De acuerdo con este enfoque, el conocimiento preciso de las características agroecológicas de cada sitio de cultivo se utiliza como información de base para orientar los procesos de desarrollo tecnológico, productivo y económico de las empresas agroindustriales, el cual se complementa con información técnica e información comercial de referencia sobre la actividad productiva. Para facilitar la adopción de la AEPS y a través de ella mejorar la productividad y la rentabilidad de la caña de azúcar cosechada por la industria azucarera en el valle del río Cauca, Cenicaña está desarrollando un sistema de información que actualmente integra componentes interactivos dispuestos en línea a través de Internet y Extranet. En este documento se presentan los objetivos tenidos en cuenta para el diseño del sistema, los pasos seguidos para su desarrollo, el contenido de los medios interactivos en línea para la comunicación de los usuarios, y la infraestructura de informática establecida en esta etapa del proceso.
Palabras clave: agricultura específica por sitio, sistemas de información, bases de datos, tecnología, zonificación agroecológica, Extranet.

Serie Procesos Industriales
ISSN 1657-7329



No.2, 66p.

Redes neuronales artificiales. Lógica difusa. Geometría de fractales.
Briceño B., C.O.
Se definen las redes neuronales artificiales (RNA), se presenta su arquitectura o topología así como la relación entre la estadística y las RNAs; se muestran algunos casos de aplicación incluyendo el agotamiento de mieles finales en el proceso azucarero, y se sugieren algunos programas de simulación comerciales y de libre distribución. También se define el principio de lo difuso, la historia de la lógica difusa, los conceptos básicos y las funciones de pertenencia. Posteriormente se desarrolla el tema de geometría de fractales mediante la presentación de conceptos y usos prácticos de la teoría fractal; finalmente se presentan las conclusiones acerca del análisis fractal como herramienta empírica y práctica fundamentada en algoritmos que pueden ser transformados en formas o estructuras con la ayuda de software y enfatiza en la creciente aplicación de los fractales en los procesos de la industria azucarera.
Palabras clave: redes neuronales, lógica difusa, geometría de fractales, simulación, programas de computador.

No.3, 22p.

Una aproximación a la reducción de las pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda en el sector azucarero colombiano.
Larrahondo, J.E.; Briceño B., C.O.
Se presentan los principios generales relacionados con la calidad industrial de la caña de azúcar y los parámetros básicos que contribuyen con su deterioro químico en los procesos comprendidos entre cosecha y molienda. También se exponen los resultados de experimentaciones realizadas en el valle del río Cauca con diferentes variedades de caña, sistemas de cosecha, tiempos de permanencia y niveles de materia extraña para estimar el impacto de estas variables sobre la calidad de la caña y en consecuencia sobre el proceso fabril de producción de azúcar. Utilizando una aproximación matemática de cinética de primer orden se estiman los rangos de pérdidas de sacarosa debidas a la quema de la caña antes del corte y los tiempos de permanencia entre corte y molienda. Además se analizan los efectos de la materia extraña mineral y vegetal sobre el porcentaje de azúcar recuperable estimado y las variaciones que pueden ocurrir debido a las condiciones meteorológicas reinantes al momento de la cosecha y durante el tiempo subsiguiente, antes de la molienda.
Finalmente, a partir de los estudios adelantados y con base en datos comerciales de azúcar recuperable estimado se establece una ecuación general que integra los rangos de pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda atribuidas a los tiempos de permanencia de la caña en el campo o en equipos de transporte y los niveles de materia extraña.
Palabras clave: caña de azúcar, control de calidad, deterioro químico, sacarosa, cosecha, materia extraña, pérdida de sacarosa, NIR (espectroscopia de infrarrojo cercano).

Durante el año se implementaron los siguientes servicios de información en Web:

- **Boletín meteorológico diario:** datos de temperatura, oscilación de la temperatura, humedad relativa, radiación solar, precipitación y evaporación registrados en 24 horas por las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada. Base de datos desde el año 1994.

- **Boletín mensual de producción:** datos de área cosechada, edad de corte, toneladas totales cosechadas, toneladas de caña por hectárea-cosecha y hectárea-mes, rendimiento comercial en azúcar, toneladas de azúcar por hectárea-cosecha y por hectárea-mes, quintales totales de azúcar. Reportes de once ingenios, correspondientes a la caña cosechada en tierras con manejo directo y en tierras de proveedores. Base de datos desde el año 1990.

- **Mapas generales, meteorológicos diarios y mensuales en el Servidor de Mapas:** cartografía temática del valle del río Cauca con la distribución de zonas agroecológicas, grupos de suertes homogéneas, estudio semidetallado de suelos, tanques de evaporación y variables meteorológicas diarias y mensuales. Para el caso de los datos mensuales, además se puede desplegar el respectivo histograma con los valores día a día para cada variable. El usuario puede realizar la consulta para cualquier año y mes del periodo con datos para determinada estación.

- **Red de grupos de transferencia de tecnología (GTT):** contenido temático completo de las presentaciones realizadas en los eventos de transferencia de tecnología realizados desde 2001 con los GTT de los ingenios vinculados al proyecto. Se ofrece además acceso a los estudios de caracterización de base realizados en cada ingenio, el programa de eventos y las estadísticas de participación y asistencia.

- **Producción de material divulgativo:** biblioteca virtual de las publicaciones seriadas editadas por Cenicaña, con textos completos en formato de documento portátil. Este servicio es una alternativa para facilitar el acceso a los documentos publicados y complementa los enlaces desde páginas temáticas y el servicio de consulta a la base de datos de publicaciones.

Capacitación

En junio de 2003 comenzaron los talleres de capacitación sobre el uso del Balance Hídrico v.3.0 para la programación de los riegos en el cultivo de la caña de azúcar. El sistema calcula el balance de humedad en el suelo a partir del registro de información básica sobre el cultivo, la lámina de agua rápidamente aprovechable del suelo y los datos diarios de evaporación y precipitación.

Durante 2004 asistieron a los talleres 344 productores de caña, de los cuales 263 pertenecen a fincas proveedoras de caña y 81 a los ingenios azucareros. Las cifras acumuladas desde que comenzó el programa señalan un total de 544 personas capacitadas, 405 de fincas proveedoras y 139 de ingenios.

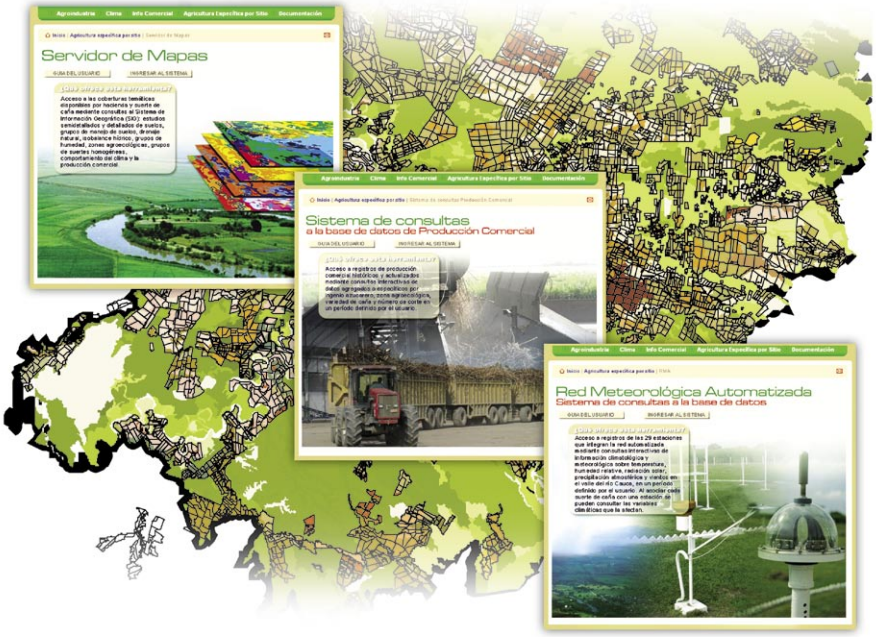
Agricultura Específica por Sitio

Cenicaña define la agricultura específica por sitio (AEPS) como el arte de realizar las prácticas agronómicas requeridas por una especie vegetal de acuerdo con las condiciones espaciales y temporales del sitio donde se cultiva, para obtener de ella su máximo rendimiento potencial.

Con este concepto adelanta el proyecto "Agricultura específica por sitio", a través del cual se propone asegurar la adopción y el impacto de tecnologías limpias que mejoren la competitividad del sector azucarero en el largo plazo, contribuyendo al desarrollo económico de la región.

En 2004 finalizaron las actividades propuestas en la segunda fase del proyecto, para las cuales se contó con cofinanciación de Colciencias. De acuerdo con los objetivos, se diseñó, desarrolló e implementó un sistema interactivo de información en Web que facilita el intercambio de datos e información de referencia para la adopción de la AEPS.

Se utiliza una infraestructura de tecnología informática de diseño modular, lo que permite incorporar nuevos módulos de forma progresiva. El sistema es accesible para ingenios y proveedores de caña donantes de Cenicaña, a través de Extranet.



Algunos módulos del sistema interactivo de información en Web.

Hacia finales del año se formuló la tercera fase del proyecto, dirigida a mejorar la precisión de la zonificación agroecológica y al fortalecimiento de la capacidad de interacción con el sistema de información. Los objetivos específicos de esta tercera fase son:

- Verificar los grupos de humedad definidos para la tercera aproximación de la zonificación agroecológica en aquellos sitios donde la condición de humedad del suelo puede estar modificada por otros factores que alteran la expresión de la humedad sobre el cultivo.
- Realizar una experimentación controlada que permita cuantificar de manera clara la interacción variedad por sitio como criterio para verificar si la conformación y agrupación de las zonas agroecológicas es válida y útil para la ubicación de las variedades.
- Precisar las recomendaciones de manejo agronómico para cada zona agroecológica y desarrollar una matriz tecnológica que se integre al sistema de información en Web.

Levantamiento detallado de suelos en las áreas sembradas con caña de azúcar

Con el propósito de obtener una carta de suelos con unidades suficientemente homogéneas en su contenido edafológico y en las características internas y externas que inciden significativamente en la productividad de la caña de azúcar, de manera que se mejore la base de datos de suelos para definir una zonificación agroecológica que pueda ser utilizada con más confianza en el sistema de agricultura específica por sitio, Cenicaña formuló en 2002 el proyecto "Levantamiento detallado de suelos, estudio de capacidad de uso de tierras y cartografía básica en las áreas sembradas con caña de azúcar en el valle del río Cauca". Las actividades comenzaron en agosto de 2003 y se prevé que los productos estén disponibles en diciembre de 2005. Se realiza con la cofinanciación de Colciencias.

Es un proyecto cooperativo con los ingenios azucareros y los proveedores de caña, coordinado por la Superintendencia de la Estación Experimental de Cenicaña y ejecutado mediante contrato con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), entidad rectora de los estudios de suelos en Colombia. Se lleva a cabo en 205,000 hectáreas de la parte plana del valle del río Cauca y el levantamiento de la información geográfica se realiza en escala 1:10,000.

Objetivos específicos

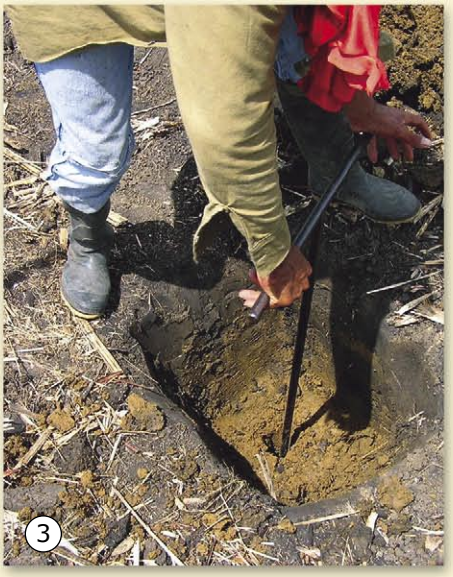
- Identificar los suelos presentes en aproximadamente 165,000 hectáreas sembradas con caña de azúcar y representarlos cartográficamente en escala 1:10,000.
- Realizar la caracterización física, química y mineralógica de los suelos en el área de estudio.
- Realizar la clasificación taxonómica de los suelos hasta el nivel categórico de familia de acuerdo con el Sistema Taxonómico Americano (USDA, 2003).
- Determinar la capacidad de uso actual de tierras a través de la aplicación de las clases agrológicas definidas por el IGAC (IGAC, 2002).
- Elaborar la cartografía temática de suelos y capacidad de uso actual de las tierras, con sus respectivas leyendas.
- Contar con información detallada de suelos como apoyo para el fortalecimiento de la capacidad de investigación en la región, el desarrollo tecnológico y la innovación en las unidades productivas.
- Obtener una caracterización física y química de los suelos que permita diseñar estrategias orientadas al uso y el manejo sostenible de los suelos.

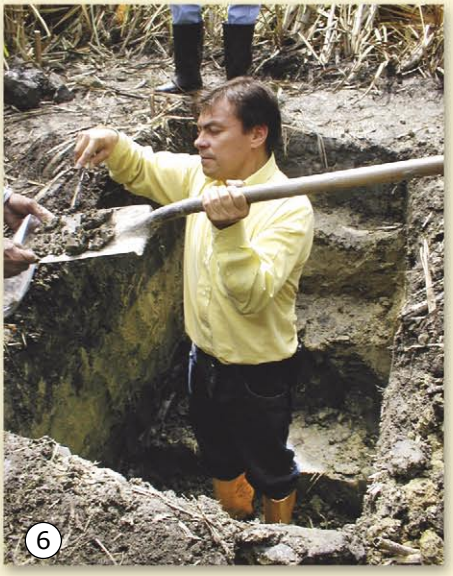
Productos esperados

La información derivada del estudio detallado será incluida en el Sistema de Información Geográfica (SIG) administrado por Cenicaña y la cartografía temática generada estará disponible para los ingenios y los agricultores donantes en el Servidor de Mapas dispuesto para consulta en el sitio Web del Centro.

Los productos cubren 205,000 hectáreas:

- **Levantamiento detallado de los suelos**, representado cartográficamente en un mapa temático digital y georreferenciado en escala 1:10,000 con sus respectivos atributos.
- **Clasificación de las clases de tierra por capacidad de uso**, representada cartográficamente en un mapa temático digital y georreferenciado en escala 1:10,000 con sus respectivos atributos.
- **Caracterización física y química de los suelos**, representada cartográficamente en mapas temáticos digitales mediante la localización georreferenciada de los puntos de muestreo y los atributos físicos y químicos en los perfiles modales identificados.
- **Mapas temáticos para consulta a través de Internet y Extranet** mediante el Servidor de Mapas.





P A S O S :

1. Confirmación en campo de sitios de muestreo de acuerdo con ubicaciones previas sobre fotografía aérea.
2. Construcción de cajuelas para verificar el patrón de distribución de los suelos en cada predio.
3. En una cajuela, toma de muestras de suelo a diferentes profundidades utilizando un barreno.
4. Descripción del color del suelo en las muestras tomadas con el barreno.
5. Medición de la profundidad de cada horizonte de suelo en una calicata.
6. Observación y toma de muestras en la calicata para análisis químico, físico y mineralógico.
7. Análisis de suelo en laboratorio.
8. Ordenamiento de bases de datos alfa-numéricos e integración al SIG para generación de mapas temáticos.

Avances a diciembre de 2004

Concluyeron las actividades de recolección de información, levantamiento de suelos y muestreos para análisis físicos y químicos en 159,218 hectáreas, el 94.5% del área programada (Cuadro 28, Figura 27). Se contó con la experiencia de 12 edafólogos, quienes realizaron la identificación y delimitación de los suelos.

Al finalizar 2004 se habían visitado 1599 haciendas, caracterizado cerca de 125 calicatas y realizado más de 500 análisis químicos. En cuanto a análisis físicos, se estimaron 239 curvas de retención de humedad con cinco puntos cada una y se llevaron a cabo 200 análisis de densidad aparente y real y más de 300 análisis de granulometría.

Cuadro 28. Avances del levantamiento detallado de suelos en el valle del río Cauca. Área cubierta por ingenio a diciembre de 2004.

Ingenio	Área (ha)
Carmelita	7,833
Central Castilla	8,713
Incauca	35,143
La Cabaña	11,500
Manuelita	23,310
María Luisa	2,013
Mayagüez	18,935
Pichichí	13,627
Providencia	29,297
Sancarlos	8,004
Otras áreas	843
Total	159,218

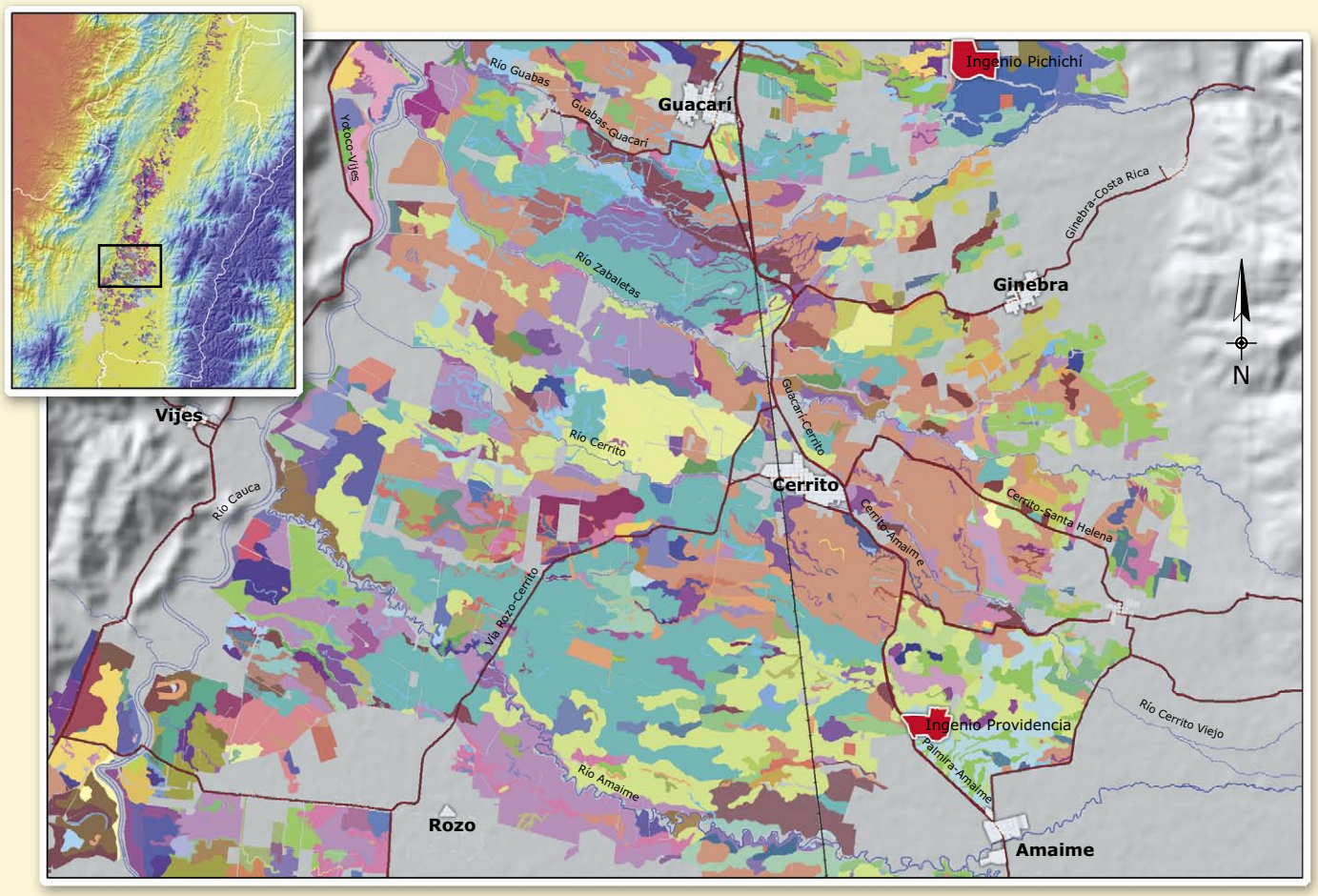


Figura 27. Mapa detallado de suelos clasificado por unidad cartográfica, en escala 1:10,000. Valle geográfico del río Cauca, Colombia, diciembre 2004.

Superintendencia de la Estación Experimental

La Superintendencia de la Estación Experimental presta el apoyo logístico con personal y equipos para el desarrollo de los experimentos de Cenicaña, al tiempo que coordina las actividades relacionadas con la administración y el desarrollo del Sistema de Información Geográfica (SIG) y la Red Meteorológica Automatizada (RMA) de la agroindustria azucarera.

Durante 2004, a partir de las variables meteorológicas registradas por las estaciones de la RMA se desarrolló una ecuación para calcular la evaporación diaria, valor requerido en la estimación del balance hídrico en el suelo con fines de programación de riegos. También se comenzó a publicar el Boletín Meteorológico Diario en el sitio Web.

Con respecto al SIG, se verificó el trabajo de restitución cartográfica del norte del departamento del Cauca y se incorporaron nuevos servicios en el Servidor de Mapas disponible en el sitio Web.

La Superintendencia coordina el proyecto "Levantamiento detallado de suelos, estudio de capacidad de uso de tierras y cartografía básica en las áreas sembradas con caña de azúcar en el valle del río Cauca" formulado en 2002 y desarrollado mediante contratación con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Ecuación para el cálculo de la evaporación diaria

Cenicaña desarrolló una ecuación para calcular la evaporación diaria a partir de los datos diarios de radiación solar, oscilación de la temperatura del aire, velocidad media del viento y humedad relativa del aire registrados en las estaciones de la RMA. Los valores de evaporación tienen una correspondencia alta con los obtenidos por mediciones efectuadas directamente en el tanque Clase A.

Antes del desarrollo de la ecuación, la evaporación era calculada con base en el método de Penman-Monteith (integrado al software de las estaciones de la RMA) pero los valores resultaban notoriamente sobreestimados en comparación con los valores reales de evaporación medidos en el tanque Clase A.

Con la aplicación de diferentes técnicas estadísticas (componentes principales, conglomerados, lógica difusa, regresión múltiple, NLIN de SAS) y, especialmente, mediante la generación y el perfeccionamiento de una aproximación empírico-estadística, se obtuvo la ecuación que ahora es utilizada para el cálculo de los datos diarios de evaporación. Los valores se publican en el sitio Web de Cenicaña, en el Boletín Meteorológico Diario.

Cartografía básica

Como parte del levantamiento detallado de suelos, mediante contratación externa se obtuvo la restitución cartográfica del norte del departamento del Cauca correspondiente a 70,000 hectáreas. El trabajo se llevó a cabo entre 2003 y 2004 y se registraron cerca de 60 capas de información relacionadas con caseríos, cercos, vías, caminos, pozos, ríos, lagos, reservorios y bosques, entre otras. La información está contenida en 35 planchas digitales y en papel de seguridad, en escala 1:10,000.

En el proceso se entregaron a Cenicaña 291 fotos en blanco y negro de tamaño 25x25 cm. Cada fotografía fue georreferenciada y se elaboró un mosaico que muestra la totalidad del área donde se ejecutó el trabajo, el cual permite observar, mediante el estereoscopio en tres dimensiones, otros detalles diferentes a los de la cartografía (Figura 28).

Este trabajo, junto con la cartografía digital suministrada por los ingenios y la adquirida por la CVC, permite anexar información básica a los mapas temáticos que se producen en el SIG de manera que todo el sector cuente con la misma fuente de información para facilitar su intercambio. Al finalizar 2004 se contaba con la cartografía de 26,000 suertes sembradas en las 200,000 hectáreas vinculadas con la industria, con la misma escala y precisión.

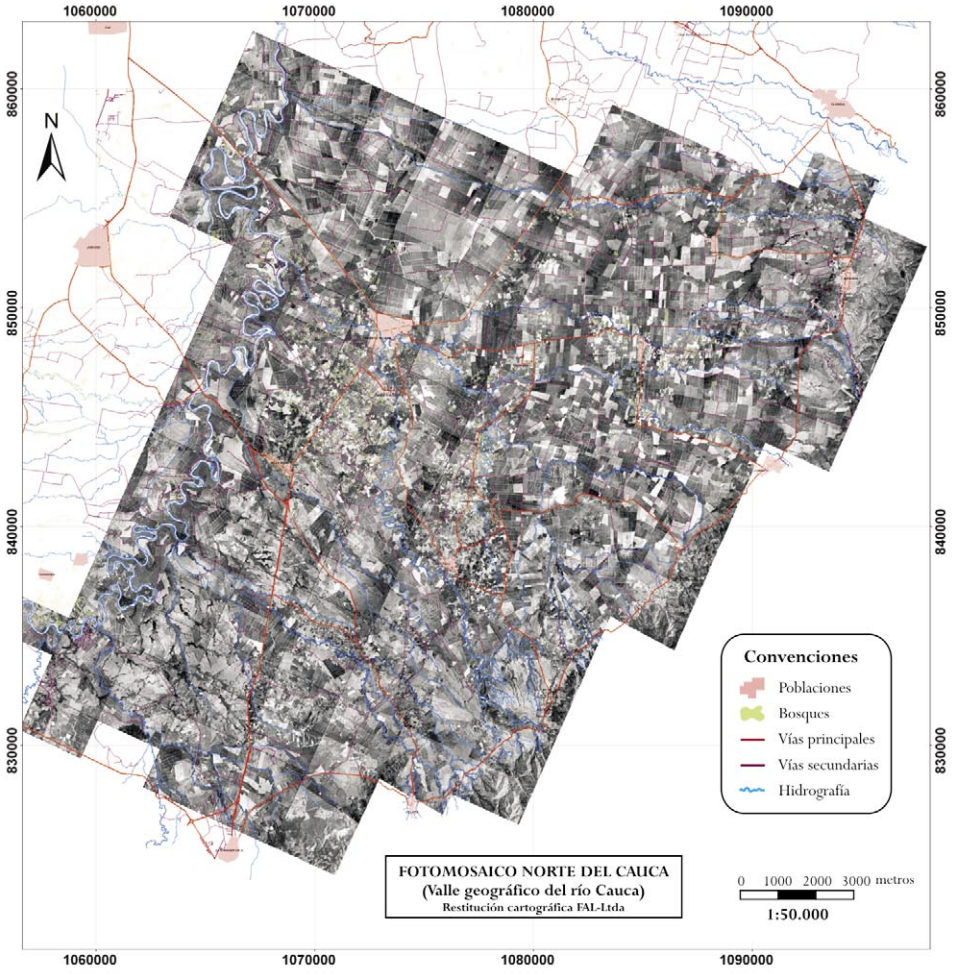


Figura 28. Ejemplo de mosaico de fotografías georreferenciadas y planchas digitales.

Laboratorio de Fitopatología

El Laboratorio de Fitopatología prestó el servicio de diagnóstico de enfermedades para la detección de raquitismo de la soca (RSD), escaldadura de la hoja (LSD), virus de la hoja amarilla (ScYLV), mosaico de la caña de azúcar (ScMV) y virus baciliforme de la caña de azúcar (ScBV) utilizando los métodos inmunoenzimáticos *dot-blot* y *tissue-blot*.

Entre enero y diciembre se realizaron 7264 evaluaciones de muestras enviadas por los ingenios azucareros y los proveedores de caña (semilleros y suertes comerciales), muestras de zonas paneleras de Antioquia y Valle del Cauca remitidas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y muestras de los experimentos de Cenicaña (Cuadro 29).

Cuadro 29. Número de muestras analizadas en el Laboratorio de Fitopatología de Cenicaña según procedencia, 2004.

Procedencia de las muestras	Número de evaluaciones
Ingenios y proveedores de caña	2865
Zona panelera (ICA)	330
Experimentos de Cenicaña	4069
Total	7264

Diagnóstico en semilleros y suertes comerciales de caña para azúcar

En total fueron evaluadas 970 muestras para diagnóstico de RSD, 975 para LSD y 920 para ScYLV provenientes de semilleros y lotes comerciales, remitidas por nueve ingenios y 288 proveedores de caña. Los proveedores del Ingenio Central Tumaco fueron los usuarios más frecuentes, al igual que los ingenios Central Castilla, Mayagüez, Riopaila e Incauca, en su orden.

De acuerdo con el diagnóstico en muestras de semilleros, la incidencia de RSD fue inferior a 0.1%, mientras que para LSD y ScYLV fue igual a 0.3% y 12.9%. En suertes comerciales se determinaron incidencias de 0.2%, 0.5% y 3.2%, respectivamente (Cuadro 30).

La escaldadura de la hoja fue diagnosticada en suertes comerciales de todos los ingenios, con porcentajes de incidencia inferiores a los registrados en 2003 (1.5% *versus* 0.5%). En semilleros también disminuyó la incidencia de esta enfermedad, pasando de 1.1% en 2003 a 0.3% en 2004.

El virus de la hoja amarilla se encontró en suertes comerciales de cinco ingenios, entre los que se destacan Central Castilla y Providencia con los porcentajes de incidencia más altos; el registro de 82.5% de incidencia en Incauca no es representativo debido a que sólo se evaluaron dos muestras. El virus también se encontró en semilleros, con los niveles de incidencia más altos en Incauca, Castilla y Mayagüez. La incidencia en semilleros aumentó (8.7% *versus* 12.9%) mientras que en suertes comerciales disminuyó (5.3% *versus* 3.2%).

Cuadro 30. Incidencia de tres enfermedades en muestras remitidas por ingenios y proveedores de caña. Laboratorio de Fitopatología de Cenicaña, 2004.

Ingenio	Raquitismo de la soca (RSD)		Escaldadura de la hoja (LSD)		Virus hoja amarilla (ScYLV)	
	Muestras (No.)	Incidencia (%)	Muestras (No.)	Incidencia (%)	Muestras (No.)	Incidencia (%)
Semilleros						
Incauca	105	0	105	0	105	30.0
Mayagüez	97	0	97	0.8	113	8.4
Sancarlos	66	0	67	0.1	66	4.6
Riopaila	54	0.2	54	0	54	7.4
Central Castilla	43	0	43	0	43	18.0
María Luisa	25	0	25	0.8	25	0
Proveedores[1]	13	0	13	0	13	0
Carmelita	7	0	7	0	7	1.4
Risaralda	4	0	4	2.5	4	0
Central Tumaco	4	0	4	0	4	0
Subtotal	418	<0.1	419	0.3	434	12.9
Suertes comerciales						
Proveedores [1]	288	0.1	289	0.5	197	1.9
Central Castilla	90	0.5	90	0.4	95	8.7
Riopaila	75	0	75	0.3	75	0.9
Risaralda	23	0	23	0.7	23	1.4
Mayagüez	21	0	23	0.4	49	0
Providencia	20	3.2	21	0.2	20	5.8
Central Tumaco	17	0	17	0.6	9	0
Sancarlos	16	0	16	0.9	16	0
Incauca	2	0	2	2.5	2	82.5
Subtotal	552	0.2	556	0.5	486	3.2
Total	970		975		920	

1. Proveedores de caña de diferentes ingenios.

Los niveles de incidencia en las principales variedades de caña evaluadas se presentan en el Cuadro 31. Mientras que en 2003 no se detectó RSD en las principales variedades, en 2004 la enfermedad fue positiva en semilleros de V 71-51 y en suertes comerciales sembradas con CC 85-92, V 71-51 y PR 61-632. Los niveles de incidencia de LSD se mantuvieron constantes en semilleros y suertes comerciales con la variedad CC 85-92, al tiempo que se detectó la enfermedad en semilleros de CC 84-75.

Cuadro 31. Incidencia de tres enfermedades en muestras remitidas por ingenios azucareros y proveedores de caña, según la variedad de caña. Laboratorio de Fitopatología de Cenicaña, 2004.

Variedad	Raquitismo de la soca (RSD)		Escaldadura de la hoja (LSD)		Virus hoja amarilla (ScYLV)	
	Muestras (No.)	Incidencia (%)	Muestras (No.)	Incidencia (%)	Muestras (No.)	Incidencia (%)
Semilleros						
CC 85-92	165	0	166	0.6	167	1.7
CC 84-75	99	0	99	0.1	113	37.3
V 71-51	10	1.0	10	0	10	0
En experimentación	144	0	144	<0.1	144	7.6
Subtotal	418	<0.1	419	0.3	434	12.9
Suertes comerciales						
CC 85-92	304	0.2	306	0.7	224	0.4
CC 84-75	92	0	93	0.1	135	9.7
V 71-51	71	0.1	71	0.2	47	2.7
PR 61-632	38	0.1	38	0.1	37	0.5
CC 92-2198	13	0	14	0.4	13	0
CCSP 89-43	1	0	1	0	1	5.0
CC 87-505	1	0	1	0	1	20.0
CC 85-68	1	0	1	5.0	0	—
Otras	31	0	31	0	28	0
Subtotal	552	0.2	556	0.5	486	3.2

Igual que en 2003, la enfermedad de mayor incidencia en las principales variedades fue el virus de la hoja amarilla. La variedad más afectada fue CC 84-75, tanto en semilleros como en suertes comerciales.

En una muestra de la variedad CC 87-505, proveniente de una suerte comercial, se detectó el virus con 20% de incidencia. También se observó incremento de la incidencia de la enfermedad en suertes comerciales sembradas con V 71-51 y en semilleros de CC 85-92; no obstante, esta última variedad continúa presentando una incidencia muy baja en términos generales. En 144 muestras de semilleros de variedades experimentales se registró el virus con 7.6% de incidencia.

De acuerdo con los registros del Laboratorio de Fitopatología de Cenicaña correspondientes al servicio de diagnóstico de patógenos, en la Figura 29 se presenta el resumen de los porcentajes anuales de incidencia de las tres enfermedades entre 1985 y 2004.

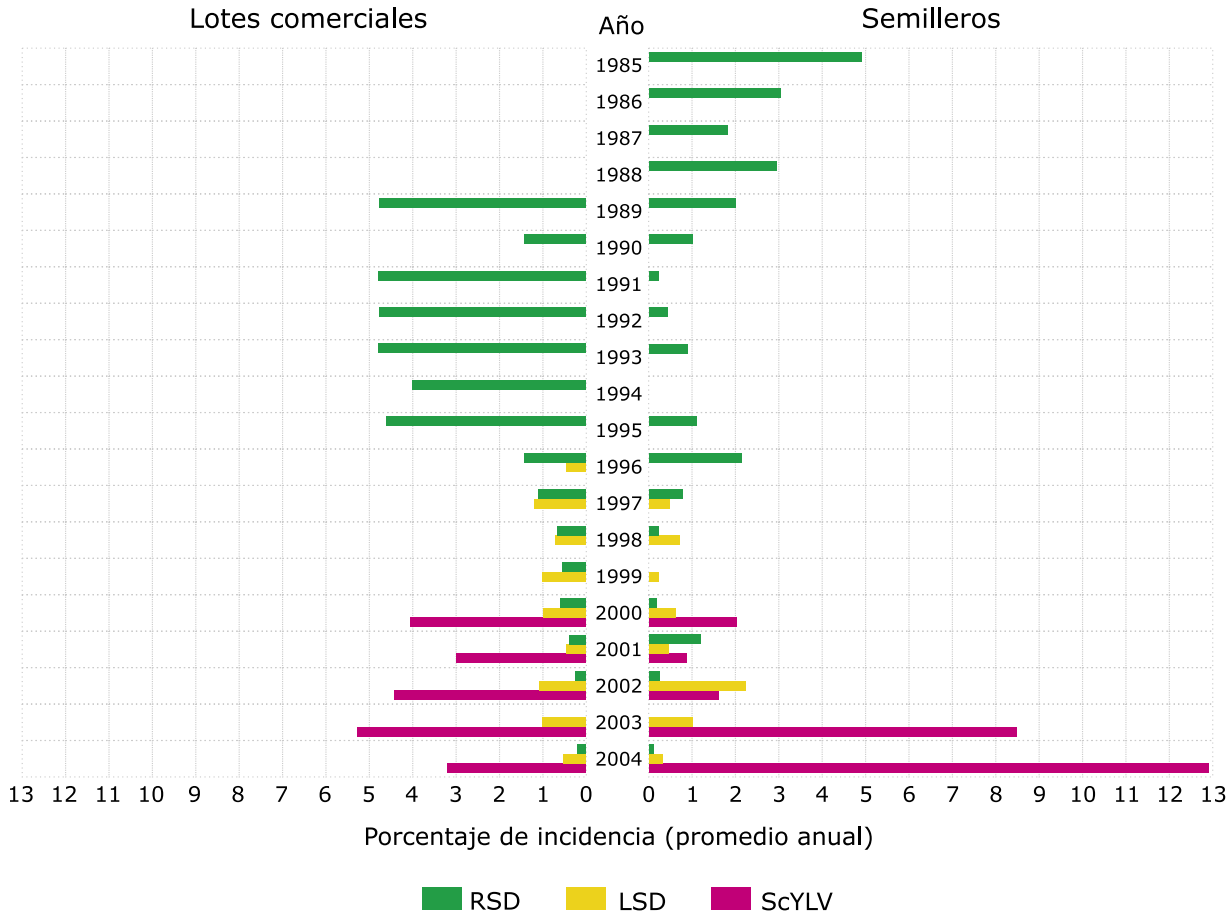


Figura 29. Porcentaje de incidencia de raquitismo de la soca (RSD), escaldadura de la hoja (LSD) y virus de la hoja amarilla (ScYLV) en lotes comerciales y en semilleros de caña de azúcar. Promedios anuales 1985-2004.

Diagnóstico en zonas paneleras

Mediante convenio con el ICA, durante 2004 se continuó apoyando el diagnóstico de patógenos en caña panelera sembrada en los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca.

En el Laboratorio de Fitopatología de Cenicaña se realizaron 270 evaluaciones de 54 muestras provenientes de Antioquia sin que se detectara la presencia de mosaico ni virus baciliforme. Para raquitismo la incidencia fue de 0.4% y para escaldadura, de 0.2%. Por primera vez en este departamento se detectó la presencia del virus de la hoja amarilla con 1.6% de incidencia en la variedad CC 84-75.

Del Valle del Cauca se recibieron 12 muestras para un total de 60 evaluaciones. No se detectó raquitismo, mosaico ni virus baciliforme. Para escaldadura la incidencia fue de 0.4% y para virus de la hoja amarilla, de 1.3%.

Antisueros para diagnóstico serológico

Fueron vendidos 17.5 ml de antisueros para el diagnóstico serológico de RSD, LSD y ScYLV a la Estación Experimental Obispo Colombres (Argentina), la Compañía Azucarera La Estrella (Panamá), el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Ecuador (Cincae, Ecuador) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA, estado Yaracuy, Venezuela).

Laboratorio de Química

En el Laboratorio de Química se llevaron a cabo 19,577 análisis durante 2004, en atención a solicitudes hechas por técnicos de los ingenios azucareros, cultivadores de caña e investigadores de Cenicaña.

Distribuidas según el tipo de análisis, se procesaron 12,213 muestras de caña, 3403 de suelos, 2439 de tejido foliar y 1882 muestras de distintos materiales del proceso azucarero para análisis especiales de polisacáridos, fenoles, dextranas, almidones, amino-nitrogenados, fosfatos, materia extraña y análisis por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC).

El análisis de caña se realiza para apoyar el desarrollo de experimentos coordinados por los programas de investigación y los servicios de Cenicaña, así como estudios especiales adelantados por solicitud de los ingenios azucareros con la participación de las distintas dependencias del Centro. Los análisis de suelos y tejido foliar son servicios utilizados por ingenios y cañicultores donantes para la caracterización química y física de áreas y cultivos experimentales y comerciales (Figura 30).

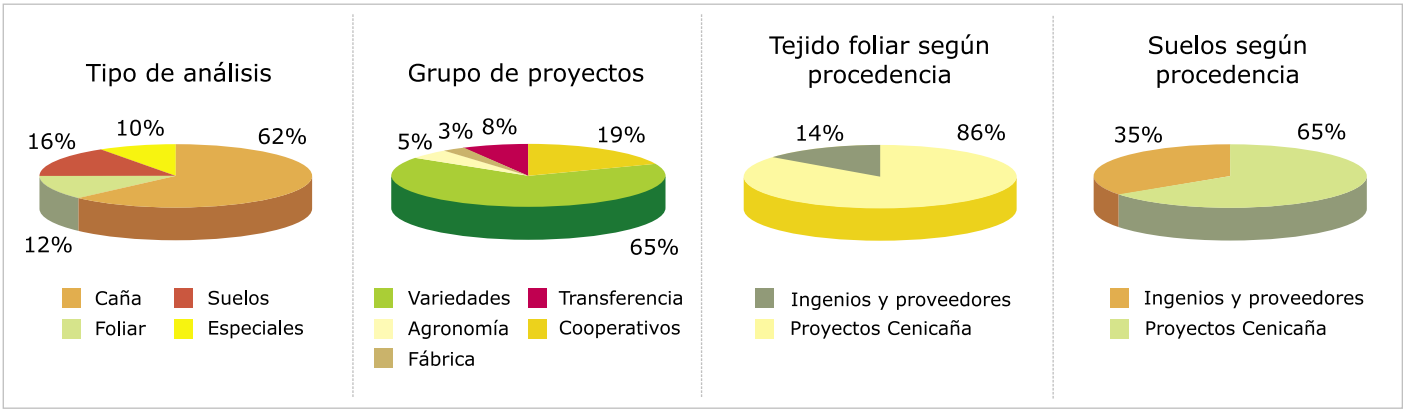


Figura 30. Distribución de muestras analilzadas en el Laboratorio de Química de Cenicaña según tipo de análisis, grupo de proyectos y procedencia, 2004.

Ingeniería de procesos

Durante 2004, el Programa de Procesos de Fábrica atendió con servicios especializados en ingeniería de procesos las solicitudes de seis ingenios azucareros. Las áreas de intervención fueron:

- Evaluación de los sistemas de limpieza de la caña.
- Manejo de residuos de cosecha de caña y su combustión en calderas bagaceras.
- Evaluación de los procesos de preparación y molienda.
- Caracterización energética de máquinas de preparación y molienda.
- Análisis de fallas de elementos mecánicos.
- Seguimiento y análisis de los sistemas de preparación y molienda.
- Seguimiento energético en generación y uso de vapor y electricidad.
- Evaluación de floculantes y sistemas de clarificación.
- Evaluación de sistemas de cristalización.

ANEXO

84 I. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica

86 II. Actividades de comunicación técnica y transferencia de tecnología

93 III. Atención de estudiantes, investigadores, técnicos y productores agropecuarios en la Estación Experimental

96 IV. Participación del personal en actividades de inducción, intercambio y capacitación

98 V. Ingresos de Cenicaña 1999-2004 en términos constantes

VI. Capital humano

VII. Jóvenes investigadores

99 VIII. Personal profesional

I. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica, 2004

Ángel Sánchez, F**. Las plantas transgénicas y su aplicación en el manejo integrado de enfermedades (pros y contras, impacto económico), caso caña de azúcar**. En: Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines. ASCOLFI 30 años, Palmira, 11-13 agosto, 2004. Memorias. Palmira, ASCOLFI, 2004. p.83-84. (Sólo resumen)

Ángel Sánchez, J.C.; Guzmán Romero, M.L.; Victoria Kafure, J.I.; Echeverri, M.; Gutiérrez, D.; Auseche Rizo, C.M**. Determinación de posibles hospedantes y vectores del virus del síndrome de la hoja amarilla de la caña de azúcar (ScYLV.)** En: Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines. ASCOLFI 30 años, Palmira, 11-13 agosto, 2004. Memorias. Palmira, ASCOLFI, 2004. p.17-18. (Sólo resumen)

Auseche Rizo, C.M. **Evaluación de un método de inoculación *de Peronosclerospora sorghi en* maíz, sorgo y caña de azúcar**. Cali, 2004. Cenicaña, 22 p. (Informe de pasantía)

Auseche Rizo, C.M.; Angel Sánchez, J.C.; Guzmán Romero, M.L.; Sarria V., G.; Varón de Agudelo, F. **Evaluación de un método de inoculación de *Pernosclerospora sorghi* en maíz, sorgo y caña de azúcar.** En: Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines. ASCOLFI 30 años, Palmira, 11-13 agosto, 2004. Memorias. Palmira, ASCOLFI, 2004. p.19. (Sólo resumen)

Barrientos Avendaño, D. **Informe técnico del contrato pasantía Joven investigador. Convenio Colciencias-Cenicaña. Realización manual de sistemas de muestreo en los procesos fabriles**. Cali, Cenicaña 2004. 31 p.

Briceño Beltrán, C.O. **Participación del sector azucarero en los programas de alcohol.** En: Diagnóstico y alternativas energéticas en el suroccidente colombiano, Palmira, 26-27 agosto, 2004. Memorias. Palmira, Universidad Nacional, 2004. CD-ROM.

Briceño Beltrán, C.O**. Redes neuronales artificiales, lógica difusa, geometría de fractales.** Cali, Cenicaña, 2004. 145 p. (Serie Procesos Industriales, no.2)

Briceño Beltrán, C.O.; CALERO, C.X. **Cogeneración industrial para el sector azucarero colombiano introduciendo y aplicando el enfoque ESCO.** Proyecto Asocaña-Gef, COL/99G41. Resumen del informe final. Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v.26 nos. 2-3, p.38-43. Abr.-Sep. 2004.

Briceño Beltrán, C.O.; Calero, C.X. **Etanol como combustible para vehículos.** Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v.26 no.1, p.14-19. 2004.

Carbonell González, J. **Hacia la agricultura específica por sitio: levantamiento detallado de suelos, estudio de capacidad de uso de tierras y cartografía básica para el mejoramiento de la competitividad de la agroindustria azucarera colombiana. Primer informe técnico.** Contrato Colciencias-Cenicaña. 122-2003. Proyecto 2214-13469. Cali, Cenicaña, 2004. 41 p.

Carbonell González, J. **Hacia la agricultura específica por sitio: Levantamiento detallado de suelos, estudio de capacidad de uso de tierras y cartografía básica para el mejoramiento de la competitividad de la agroindustria azucarera colombiana. Segundo informe técnico.** Contrato Colciencias-Cenicaña 122-2003. Proyecto 2214-07-13469. Cali, Cenicaña, 2004. 90 p.

Carbonell González, J.; Ortiz Uribe, B.V**. Avances del estudio detallado de suelos en las áreas sembradas con caña de azúcar en el valle del río Cauca.** Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v.26 nos.2-3, p.32-37. Abr.-Sep. 2004.

Carbonell González, J.; Ortiz Uribe, B.V. **La agricultura de precisión en la industria azucarera colombiana.** En: Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines. ASCOLFI 30 años, Palmira, 11-13 Agosto, 2004. Memorias. Palmira, ASCOLFI, 2004. p.85-87.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. **Informe Anual 2003.** Cali, Cenicaña, 2004. 96 p.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. **Política de manejo de las variedades obtenidas por Cenicaña**. Cali, Cenicaña, 2004. 13 p. (Documento de Trabajo, no.533)

Cortés Calderón, L.M. **Informe de pasantía. Aislamiento de microorganismos celulolíticos para descomposición de residuos de caña de azúcar**. Cali, Cenicaña, 2004. 30 p.

Echeverry García, M.; Guzmán Romero, M.L.; Ángel Sánchez, J.C. **Informe final del contrato estudiante en práctica. Determinación de plantas hospedantes del virus de síndrome de la hoja amarilla de la caña de azúcar (ScYLV).** Cali, Cenicaña, 2004. 34 p.

Escobar, L.F. **Efecto de la aplicación de vinaza sobre las poblaciones de microorganismos del suelo.** Cali, Cenicaña, 2004. 32 p.

Gómez L., L.A. **Brote de *Caligo illioneus* en el valle del río Cauca.** Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v.26 nos.2-3, p.4-5. Abr.-Sep. 2004.

Gómez Perlaza, A.L.; Carvajal López, A. **Avances en la evaluación de la extracción del primer molino**. Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v.26 no.1, p.12-13. 2004.

Gordillo Vásquez, D. **Informe del contrato estudiante en práctica. Evaluación de preparación, extracción del molino uno y extracción del tándem de molienda. Ingenio Mayagüez, Central Castilla y La Cabaña S.A.** Cali, Cenicaña, 2004. 42 p.

Gutiérrez, J.Y.; Cruz Valderrama, R.; Isaacs Echeverry, C.H. **Experiencias en el manejo del riego en la hacienda Valparaíso (finca piloto del Ingenio Riopaila S.A.).** Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v.26 no.1, p.8-10. 2004.

Isaacs Echeverry, C.H.; Carrillo Camacho V.E.; Anderson Acuña, E.; Carbonell González. J.; Ortiz Uribe, B.V. **Agricultura específica por sitio. Informe técnico final. Segunda fase**. Contrato Colciencias-Cenicaña. Proyecto 254-2000. Cali, Cenicaña, 2004. 74 p.

Isaacs Echeverry, C.H.; Carrillo Camacho, V.E.; Anderson Acuña, E.; Carbonell González, J.; Ortiz Uribe, B.V. **Desarrollo de un sistema interactivo de información en Web con el enfoque de agricultura específica por sitio.** Cali, Cenicaña, 2004. 73 p. (Serie Técnica, no.34)

Isaacs Echeverry, C.H.; Uribe Jaramillo, P.T.; Emura, D.; Florez Restrepo, M.; Vasquez C., F.; Molina B., J.C.; Fernández V, S. **Gira Tecnológica a Brasil. Grupos de transferencia de tecnología Cenicaña- Ingenio Risaralda.** Cali, Cenicaña, 2004. 42 p. (Documento de Trabajo, no.535)

Larrahondo, J.E. **Proyecto determinación y efectos de la materia extraña en el proceso agroindustrial de la caña de azúcar. Tercer informe técnico.** Código 2214-07-12357 Colciencias-Cenicaña. Contrato 268-2002. Cali, Cenicaña, 2004. 20 p.

Larrahondo, J.E. **Visita al Sugar Research Institute (SRI) y al Bureau of Sugar Experimental Station (BSES) de Australia**. Cali, Cenicaña, 2004. 11 p. (Documento de Trabajo, no.534)

Larrahondo, J.E.; Briceño Beltrán, C.O. **Una aproximación a la reducción de las pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda en el sector azucarero colombiano**. Cali, Cenicaña, 2004. 22 p. (Serie de Procesos Industriales, no.3)

Ordoñez Marín, S.P. **Evaluación de dos métodos analíticos para cuantificar las pérdidas de nitrógeno por volatilización en suelos del Valle del Cauca**. Cali, Universidad del Valle, Programa Académico de Química, 2004. 120 p. (Tesis Químico)

Palma Zamora, A.; Calero Salazar, L.M.; Cortés Betancourt, E. **Clima y producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca, 2003.** Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v.26 no.1, p.23-29. 2004.

Palma Zamora, A.E.; Calero Salazar, L.; Cortés Betancourt, E. **Clima y producción azucarera en el valle del río Cauca, primer semestre de 2004.** Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v.26 nos.2-3, p.26-31. Apr.-Sep. 2004.

Patiño Gracia, A. **Aplicación de la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) en la cuantificación de materia extraña (ME) de la caña de azúcar.** Universidad del Valle, Programa Académico de Química, 2004. 96 p. (Tesis Químico)

Quintero Durán, R. **Efectos de la aplicación de elementos menores en caña de azúcar en suelos del valle del río Cauca.** Cali, Cenicaña, 2004. 11 p. (Documento de Trabajo, no.530)

Quintero Durán, R. **Fertilización de la caña de azúcar.** Cali, Cenicaña, 2004. 23 p. (Documento de Trabajo, no.531)

Quintero Durán, R. **Perspectivas acerca del uso y manejo de vinazas aplicadas al suelo.** Cali, Cenicaña, 2004. 13 p. (Documento de Trabajo, no.529)

Rangel Jiménez, H.; Viveros Valens, C.A. **Cañas más sobresalientes. Variedades de las series 92,93 y 94 sobresalientes a escala experimental.** Procaña no. 66, p.19-20. Junio 2004.

Ranjel Jiménez, H.; Viveros Valens, C.A.; Moreno Gil, C.A.; Victoria Kafure, J.I. **Nuevas variedades de caña de azúcar: un reto constante.** Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v.26 nos.2-3, p.6-25. Abr.-Sep. 2004.

Sánchez Arcos, C.F. **Informe de avance (primer semestre) del contrato pasantía Joven investigador. Convenio Cenicaña-Colciencias. Proceso de implementación y certificación en ISO 9001 de los procedimientos analíticos de suelo, tejidos foliares y caña de azúcar en el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia.** Cali, Cenicaña, 2004. 35 p.

Saska, M.; Gil Zapata, N. **Nuevas alternativas para el aprovechamiento industrial de los residuos de la caña de azúcar.** Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v26 nos.2-3, p.3. Abr.-Sep. 2004.

Torres, J.S.; Cruz Valderrama, R.; Villegas T., F. **Avances técnicos para la programación y el manejo del riego en caña de azúcar. 2ed.** Cali, Cenicaña, 2004. 66 p. (Serie Técnica, no.33)

Uribe Jaramillo, P.T. **Grupos de transferencia de tecnología: avances durante 2003**. Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v.26 no.1, p.32-36. 2004.

Uribe Jaramillo, P.T.; Isaccs Echeverry, C.H. **Actividades con los grupos de transferencia de tecnología, primer semestre de 2004.** Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v.26 nos.2-3, p.44-46. Abr.-Sep. 2004.

Victoria Kafure, J.I. **Variedades promisorias a escala semi-comercial y experimental en la industria azucarera colombiana**, **2003**. Carta Trimestral Cenicaña (Colombia) v.26 no.1, p.30-31. 2004.

Victoria Kafure, J.I**. Visita Ingenio Laredo Manuelita Trujillo Perú.** Cali, Cenicaña, 2004. 8 p. (Documento de Trabajo, no.532)

Viveros Valens, C.; Cassalett Dávila, C.; Amaya Estévez, A**. Avances en la selección de variedades de caña de azúcar con alta concentración de sacarosa para el primer semestre (A) en el Valle del Cauca**. Fitotecnia colombiana v.3 no.2, p.10-16. Jul.-Dic. 2004.

II. Actividades de comunicación técnica y transferencia de tecnología, 2004

Actividad, lugar y fecha	Tema	Asistentes - participantes
VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR Y SEMILLEROS		
Días de campo. Ingenio Mayagüez. Feb.11, 18 y 25	Variedades y semilleros	53 cañicultores GTT Ingenio Mayagüez. Expositor: J. Bohórquez (Ingenio); C. Viveros, J.C. Ángel (Cenicaña)
Día de campo. Ingenio Providencia. Feb.23	Evaluación de variedades para cosecha mecanizada	25 técnicos del Ingenio. Coordinador: J.I. Victoria
Días de campo. Ingenio Providencia, abr.14, 21 y 28; Ingenio Manuelita, may.13, 20 y 27	- Variedades y semilleros - Manejo de plagas, enfermedades y malezas	70 cañicultores GTT Ingenio Providencia; 39 cañicultores GTT Ingenio Manuelita. Exp.: J.C. Ángel; L.A. Gómez; G. Vargas
Comité de Variedades. Incauca. Abr.15	Resultados de experimentos	40 miembros del Comité de Variedades. Coord.: J.I. Victoria
Días de campo. Ingenio Pichichí. May.11 y 25	Variedades y semilleros	15 cañicultores GTT Ingenio Pichcichí. Exp.: E. Nossa (Ingenio); C. Viveros, J.C. Ángel (Cenicaña)
Días de campo. Incauca. Jun.10, 17 y 24	Variedades y semilleros	72 cañicultores GTT Incauca. Exp.: H. Calderón (Ingenio); J.I. Victoria (Cenicaña)
Día de campo. Incauca. Jun.17	Prueba regional 93-94	30 cañicultores del Ingenio. Exp.: H. Rangel
Día de campo. Ingenio Providencia. Jul.6	Observación de la variedad CC 92-2198 en piedemonte	Siete técnicos del Ingenio. Coord.: C. Viveros
Día de campo. Ingenio Central Castilla. Jul.12	Desarrollo de variedades para la zona semiseca	15 técnicos de los ingenios y Cenicaña. Coord.: C. Viveros
Días de campo y presentación de resultados. Ingenio Risaralda, jul.14 y dic.7; Ingenio Manuelita, jul.29	- Presentación de resultados de las pruebas regionales - Presentación de resultados de los experimentos establecidos en el ingenio	60 cañicultores Ingenio Risaralda; 40 cañicultores Ingenio Manuelita. Exp.: H. Rangel
Día de campo. Ingenio Manuelita. Ago.26	Variedades y semilleros	34 cañicultores GTT Ingenio Manuelita. Exp.: J.P. Raigosa (Ingenio); J.I. Victoria, H. Rangel (Cenicaña)
SANIDAD VEGETAL		
Días de campo. Ingenio Providencia. Feb.11, 18 y 25	Control de malezas	51 cañicultores GTT Ingenio Providencia. Exp.: C.M. Escalante, A. Racines, M.J. Satizabal (cañicultores); J. Olarte, A. Tobar, L.E. Cardona (Ingenio)
Reunión. Comité de Control Biológico. Ingenio Pichichí. Jun.2	Situación actual de *Caligo*, alerta sobre un posible brote, y *Diatraea*.	15 técnicos de los diferentes ingenios. Coord.: L.A. Gómez
Días de campo. Ingenio Providencia, jun.23; Ingenio Mayagüez, jun.30; Ingenio Central Castilla, jul.13	Situación actual de *Caligo*: alerta sobre un posible brote.	Cañicultores de los ingenios. Coord.: L.A. Gómez
Taller teórico-práctico. Pre-congreso Ascolfi. Ciat, Palmira. Ago.9-10	Diagnóstico de enfermedades causadas por virus y fitoplasmas en caña de azúcar	30 asistentes al taller. Conferencista: M.L. Guzmán y J.C. Ángel
Conferencias. XXV Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines (Ascolfi). Ciat, Palmira. Ago.11-13.	- Las plantas transgénicas y su aplicación en el manejo integrado de enfermedades (pros y contras, impacto económico), caso de la caña de azúcar. (F. Ángel) - Producción de hongos comestibles sobre residuos de caña de azúcar (M.L. Guzmán) - Determinación de posibles hospedantes y vectores del virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar (J.C. Ángel) - Evaluación de un método de inoculación de *Peronosclespora sorghi* en maíz, sorgo y caña de azúcar (C. Auseche)	250 asistentes nacionales e internacionales.

Actividad, lugar y fecha	Tema	Asistentes - participantes
SANIDAD VEGETAL		
Comité de Control Biológico. Cenicaña. Oct.20	*Diatraea saccharalis*: altas poblaciones en el sur del valle del río Cauca	Funcionarios de los ingenios Mayagüez, Incauca y La Cabaña. Coord.: L.A. Gómez
Entrenamiento. Cenicaña. Nov.8-12	Diagnóstico de enfermedades en caña de azúcar	Una funcionaria del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Venezuela. Coord. M.L. Guzmán; J.C. Ángel
BIOTECNOLOGÍA		
V Encuentro latinoamericano y del caribe de biotecnología agrícola. Boca Chica, República Dominicana. Jun.21-25.	Proyectos de biotecnología en Cenicaña	400 participantes de 34 países. Conf.: F. Ángel
Taller. Biotecnología y los medios. Cenicaña–Agro-Bio. Cenicaña. Jul.15	- ADN, genes y genomas (F. Ángel) - Mejoramiento genético de variedades (H. Rangel) - Control de plagas (L.A. Gómez) - Marcadores moleculares (F. Ángel; G. Rausher; C. Avellaneda; K. Espinosa) - Cultivo de tejidos (H. Guerrero) - Transformación genética (F. Ángel) - Organismos transgénicos (G. Rausher) - Bioseguridad (F. Ángel) - Sistema de diagnóstico y diagnóstico molecular (M.L. Guzmán; J.C. Ángel; F. Ángel) - Visita a los invernaderos y laboratorios - Práctica en el laboratorio de Biotecnología - Mesa redonda y discusión general	Nueve periodistas, cinco representantes de Agro-Bio y Cenicaña. Coord.: F. Ángel
Conferencia. Cursos: biotecnologia y organismos genéticamente modificados. Agro-Bio. Colsubsidio Paipa. Ago.12 y 13	Biotecnología y organismos genéticamente modificados	35 legisladores de diferentes instituciones del país. Conf.: G. Rauscher
II Congreso colombiano de biotecnología. Cámara de Comercio, Bogotá. Sep.1-3	- Detección simultánea de los virus de la enfermedad de Fiji (FDV), mosaico de la caña (ScMV) y la hoja amarilla (ScYLV) mediante RT-PCR múltiple - Evaluación de la resistencia al virus de la hoja amarilla en plantas de caña de azúcar transformadas genéticamente	350 asistentes nacionales e internacionales. Conf.: F. Ángel
II Encuentro regional de ciencia, tecnología e innovación. Colciencias-Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (ACAC). Biblioteca Departamental Jorge Garcés Borrero, Cali. Sep.4-16	La biotecnología en Cenicaña	Asistentes al encuentro. Conf.: F. Ángel
BIOINFORMÁTICA		
Conferencia. Consorcio Nacional de Bioinformática para la Agricultura. Cenicaña. Oct.11	Aplicación de la bioinformática en la biotecnología	Evaluadores internacionales y asistentes de otros centros de investigación participantes en el Consorcio. Coord.: G. Rauscher
Conferencia. Universidad Icesi. Nov.26	Bioinformática	50 estudiantes y profesores de la Universidad Icesi. Coord.: E. Anderson
Seminario. Cenicaña. Dic.10	- Bioinformática: ¿Qué, para qué y por qué? (G. Rauscher, Cenicaña) - Bioinformática, bases de datos y análisis básico de secuencias (L. Galindo, Ciat) - Implementación de una plataforma bioinformática *open source* (F. Barraza, ParqueSoft) - Bioinformática para la agricultura (R. Rauscher, Cenicaña)	Personal de Cenicaña y representantes de ingenios. Coord.: G. Rauscher

Actividad, lugar y fecha	Tema	Asistentes - participantes
MANEJO DE AGUAS		
Días de campo. Ingenio Central Castilla. Ene.14 y 20	Manejo de aguas	44 cañicultores GTT Ingenio Central Castilla. Exp.: J.F. Zuluaga, G. Jaramillo, O. Ochoa (cañicultores); J. Torres (Ingenio); R. Cruz (Cenicaña)
Días de campo. Incauca. Abr.15, 22 y 29	Manejo de aguas-drenaje	59 cañicultores GTT Incauca. Exp.: F. Sardi, H. Medina, G. Robolledo (cañicultores); J. Nova, V. Machado (Ingenio); R. Cruz (Cenicaña).
Días de campo. Ingenio Pichichí. Jul.13 y 27	Manejo de aguas	25 cañicultores GTT Ingenio Pichichí. Exp.: D. Torres, M.G. Azcárate (cañicultores); W. Roa (Ingenio); R. Cruz (Cenicaña)
Días de campo. Incauca. Ago.5, 12 y 19	Manejo de aguas-riego	86 cañicultores GTT Incauca. Exp.: R. Ramírez, F. Cabrera, Ch. Figueroa (cañicultores); M. A. Ortiz (Ingenio); R. Cruz (Cenicaña)
Días de campo. Ingenio Riopaila. Ago.25; sep.20	Manejo de aguas	27 cañicultores GTT Ingenio Riopaila. Exp.: J. Jaramillo, M. Izquierdo (cañicultores); C.A. Rincón (Ingenio); R. Cruz (Cenicaña)
MANEJO DE SUELOS		
Días de campo. Ingenio Central Castilla. Sep.21 y 28	Diseño, adecuación y preparación	28 cañicultores GTT Ingenio Central Castilla. Exp.: J. Torres (Ingenio); R. Cruz (Cenicaña)
Días de campo. Ingenio Mayagüez. Oct.4, 13 y 27	Diseño, adecuación y preparación	41 cañicultores GTT Ingenio Mayagüez. Exp.: E. Holzinger; J. Escarria (Ingenio); R. Cruz (Cenicaña)
Días de campo. Ingenio Riopaila. Oct.27, nov.3	Manejo de suelos	23 cañicultores GTT Ingenio Riopaila. Exp.: A. Sánchez (cañicultor); G. Ramírez (Ingenio); J. Torres, R. Quintero (Cenicaña)
NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN		
Charla técnica. Cenicaña. Ene.28	- Plan de investigación sobre vinazas. - Proyectos y resultados obtenidos	Asesores de los ingenios azucareros sobre manejo de vinazas. Conf.: R. Quintero
Días de campo. Ingenio Manuelita. Feb.12, 19 y 26	Muestreo de suelos, análisis, recomendaciones de fertilizantes y sistema experto para la fertilización de la caña de azúcar	44 cañicultores GTT Ingenio Manuelita. Exp.: J.P. Raigosa (Ingenio); R. Quintero (Cenicaña)
Días de campo. Ingenio Pichichí. Mar.2 y 16	Fertilización y nutrición	27 cañicultores GTT Ingenio Pichichí. Exp.: D. Torres, G. Lloreda (cañicultores); E. Nossa (Ingenio); R. Quintero (Cenicaña)
Conferencia. Cenicaña. May.10	Agrupación de los suelos del valle del río Cauca (segunda aproximación)	Personal profesional de Cenicaña. Conf.: R. Quintero
Conferencia. Encuentro científico de la sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Palmira. May.13	- Perspectivas acerca del uso y manejo de vinazas aplicadas al suelo - Efectos de la aplicación de elementos menores en caña de azúcar en suelos del valle del río Cauca	Asistentes al encuentro. Coord. y conf.: R. Quintero
Días de campo. Ingenio Mayagüez. Jun.9, 16 y 24	Fertilización y nutrición	50 cañicultores GTT Ingenio Mayagüez. Exp.: O. Ochoa, O. Meza (cañicultores); J. Bohórquez (Ingenio); R. Quintero (Cenicaña)
Días de campo. Ingenio Central Castilla. Jul.13 y 27	Fertilización y nutrición	38 cañicultores GTT Ingenio Central Castilla. Exp.: F. Arbeláez, O. Meza (cañicultores); G. Ayalde (Ingenio); R. Quintero (Cenicaña)
Charla técnica. Ingenio Riopaila. Oct.5	Investigaciones sobre fertilización de la caña de azúcar en suelos arcillosos	Personal directivo y técnicos de la superintendencia de campo. Conf.: R. Quintero

Actividad, lugar y fecha	Tema	Asistentes - participantes
Días de campo. Incauca. Oct.7, 14 y 28	Fertilización y nutrición	75 cañicultores GTT Incauca. Exp.: Ch. Figueroa (cañicultor); A. Rojas, H. Calderón (Ingenio); R. Quintero (Cenicaña)
Charla técnica. Asocaña. Dic.2	Efectos de la vinaza en el cultivo de la caña de azúcar y en los suelos	Funcionarios de CVC, ingenios azucareros y Cenicaña. Conf.: R. Quintero
COSECHA, MANEJO DE RESIDUOS Y LABORES DE CULTIVO		
Días de campo. Ingenio Pichichí. Ene.14 y 22	Manejo de residuos y labores de cultivo	25 cañicultores GTT Ingenio Pichichí. Exp.: J. Arzayuz, A. Estrada (cañicultores); E. Nossa, G. Torreros, J.C. Martínez (Ingenio); J. Torres (Cenicaña)
Días de campo. Incauca. Feb.12, 19 y 26.	Manejo de residuos y labores de cultivo	79 cañicultores GTT Incauca. Exp.: A. Diago, J. Borrero, E. Gutiérrez (cañicultores); H. Calderón, A. Camargo (Ingenio); J. Torres (Cenicaña)
Días de campo. Ingenio Central Castilla. Mar.16 y 30	Manejo de residuos y labores de cultivo	32 cañicultores GTT Ingenio Central Castilla. Exp.: M. Sandoval, R. Zuluaga (cañicultores); J.E. Caicedo (Ingenio); J. Torres (Cenicaña)
Días de campo. Ingenio Central Castilla. May.11 y 18	Cosecha y compactación	36 cañicultores GTT Ingenio Central Castilla. Exp.: A. Martínez, C. García (Ingenio); R. Cruz (Cenicaña)
Días de campo. Ingenio Riopaila. Jun.17 y 24	Manejo de residuos y labores de cultivo	28 cañicultores GTT Ingenio Riopaila. Exp.: A. Gutiérrez, J. Pérez (cañicultores); A. Parra, J.E. Caicedo (Ingenio); J. Torres (Cenicaña)
Días de campo. Ingenio Mayagüez. Ago.4, 11 y 25	Cosecha y compactación	45 cañicultores GTT Ingenio Mayagüez. Exp.: F. Carvajal (cañicultor); A. Abadía, A. Morales (Ingenio); J. Torres, R. Cruz (Cenicaña)
Días de campo. Ingenio Pichichí. Sep.7 y 21	Cosecha y compactación	17 cañicultores GTT Ingenio Pichichí. Exp.: O. Reyes, A. Estrada (cañicultores); O. Rentería, J. Palacios (Ingenio); A. Durán, J. Torres (Cenicaña)
Días de campo. Ingenio Providencia. Oct.13, 20 y 27	Cosecha y compactación	76 cañicultores GTT Ingenio Providencia. Exp.: S. Salamanca, A.J. López, R. Besosa, A. Rebolledo, J. Castillo (Ingenio); J. Torres, R. Cruz, A. Durán (Cenicaña)
ESTUDIO DETALLADO DE SUELOS		
Conferencia. Ingenio Central Tumaco. Ene.21	Levantamiento detallado de suelos	Personal técnico del ingenio. Conf.: J. Carbonell
Reunión técnica. Incauca, jun.2; Ingenio Central Castilla, jun.3	Socialización del proyecto levantamiento detallado de suelos en las áreas sembradas con caña de azúcar	Personal técnico ingenios La Cabaña e Incauca; María Luisa y Central Castilla. Coord.: J. Carbonell
Reunión técnica. Cenicaña. Ago.30	Informe de avance de levantamiento detallado de suelos	Personal técnico de los ingenios. Coord.: J. Carbonell
Conferencia. Cenicaña. Sep.22	Metodología levantamientos detallados de suelos	Personal técnico de Cenicaña y de los ingenios Carmelita, Sancarlos, Pichichí, Providencia, Manuelita y Mayagüez. Conf.: A. Cortés
Conferencia. Ingenio Providencia, nov.3; Ingenio Manuelita, nov. 4, 11 y 24; Ingenio Carmelita, dic.2	Metodología levantamientos detallados de suelos	Personal técnico del ingenio y cañicultores. Conf.: A. García

Actividad, lugar y fecha	Tema	Asistentes - participantes
ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA		
Conferencia. Asocaña. Ene.22	Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña en el valle del río Cauca	Personal técnico y cañicultores. Conf.: J. Carbonell
AGRICULTURA ESPECÍFICA POR SITIO		
Día de campo. Ingenio Manuelita. Ene.29	- Requerimientos y herramientas para la aplicación de agricultura específica por sitio - Sistema interactivo de información en web	42 cañicultores GTT Ingenio Manuelita. Exp.: J.P. Raigosa (Ingenio); C.H. Isaacs (Cenicaña)
Inducción. Ingenio Providencia, may.6; Ingenio Riopaila, may.12; Ingenio Cetral Castilla, jul.8	Sistema interactivo de información en web	42 cañicultores GTT Ingenio Providencia; 15 cañicultores GTT Ingenio Riopaila; 28 cañicultores GTT Ingenio Central Castilla. Exp.: C.H. Isaacs
Conferencia. Foro agrícola Bayer CropScience. Bogotá, Colombia. Oct.22	La agricultura específica por sitio en la caña de azúcar	Asistentes al foro. Conf.: J. Carbonell
AGRICULTURA DE PRECISIÓN		
Conferencia. XXV Congreso Ascolfi. Ciat. Ago.11.	La agricultura de precisión en el cultivo de la caña de azúcar	Asistentes al congreso. Conf.: J. Carbonell
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		
Reuniones técnicas. Ingenios Incauca, La Cabaña, Central Castilla. Ene.14 y 20; abril 20	Presentación del estado del trabajo sobre restitución cartográfica en el norte del departamento del Cauca	Técnicos de los ingenios. Coord.: J. Carbonell; B.V. Ortiz; C.A. Osorio
Conferencia. Centro de Investigación para el Mejoramiento de la Agroindustria Panalera (CIMPA). Barbosa. Feb.20	Los sistemas de información geográfica en el sector azucarero	Asistentes a la conferencia. Conf.: J. Carbonell
Reunión técnica. Cenicaña. Jun.8	Grupo de trabajo en sistemas de información geográfica	Personal técnico de los ingenios. Coord.: J. Carbonell; B.V. Ortiz
Conferencia. Asocaña. Jun.29	Aplicaciones de los sistemas de posicionamiento global (GPS) en la agricultura	Personal técnico de los ingenios, cañicultores, Cartón Colombia, Topoequipos. Coord.: J. Carbonell; B.V. Ortiz; C.A. Osorio
METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA		
Conferencia. Seminario-taller internacional FAO/OMM sobre fortalecimiento de servicios agrometeorológicos operativos a nivel nacional. Manila, Filipinas. Mar.22-26	Soporte técnico a ingenios azucareros sobre condiciones atmosféricas para monitoreo meteorológico de quemas de caña en el valle del río Cauca (Colombia) usando datos de una red meteorológica automatizada.	30 personas de diferentes países. Conf.: E. Cortés
Conferencia. Cenipalma. Bogotá. Abr.28	Uso de la meteorología en la agricultura	Junta directiva Cenipalma. Conf.: J. Carbonell
Seminarios. Red pluviométrica de la industria azucarera colombiana. Doce eventos entre abril 28 y julio 16	Conceptos básicos para el diagnóstico de la red pluviométrica del valle del río Cauca.	100 personas entre profesionales y técnicos de las áreas de campo y cosecha de los ingenios azucareros y mayordomos de haciendas cañicultoras. Expositor: E. Cortés
Curso de inducción. Cenicaña, sep.7 y 10; Asocaña, sep.8; Ingenio Providencia, sep.9	Conceptos básicos de meteorología y climatología, aplicados al manejo y control de quemas de caña de azúcar en el valle del río Cauca	Tres veedores de quemas de Asocaña; un ingeniero del Departamento de Manejo Ambiental de Asocaña. Exp.: E. Cortés

Actividad, lugar y fecha	Tema	Asistentes - participantes
ESTADÍSTICA Y ECONOMÍA		
Reunión técnica. Costos de producción. Cenicaña. Ene.15	Resumen costos de producción en campo, cosecha y fábrica al 31 octubre de 2003.	Comité ejecutivo de ingenios Incauca y Providencia. Conf.: A. Amaya; N. Peréz y C. Posada
Reunión técnica. Costos de cosecha. Cenicaña. Ene.28; feb.17; mar.23; abr.30; jun.10; jul.8; sep.28; nov.25	- Matriz de costos de cosecha - Análisis de las cifras comparativas de costos de cosecha - Datos acumulados al mes evaluado	Grupo de trabajo. Coord.: C. Posada; N. Pérez y A. Palma
Presentación. Comité de investigación de campo. Cenicaña. Feb.11	Resultados comerciales 2003	Cenicaña, profesionales de campo de ingenios y cultivadores. Exp.: A. Palma
Reuniones. Costos de fábrica. Cenicaña. Feb.20; mar.24; ago.12 y 19; oct.7	- Matriz de costos de fábrica - Análisis de las cifras comparativas de costos de fábrica - Datos acumulados al mes evaluado	Grupo de trabajo. Coord.: C. Posada y N. Pérez
Reuniones técnicas. Costos de campo. Cenicaña. Feb.26; marz.31; abr.27; jun.3; jul.7; oct.20; nov.17	- Matriz de costos de campo - Análisis de las cifras comparativas de costos de campo - Datos acumulados al mes evaluado	Grupo de trabajo. Coord.: C. Posada; N. Pérez y A. Palma
Reunión técnica. Costos de fábrica. Ingenio Providencia. Mar.24	Revisión técnico–económica de las estaciones de recepción de caña y molienda	Grupo de trabajo (personal de costos e ingenieros de proceso de siete ingenios: Providencia, Incauca, Central Castilla, Riopaila, La Cabaña, Risaralda y Manuelita; A. Carvajal y J. Astaiza, de Cenicaña) Coord.: C. Posada; C.A. Herrera e ingenieros del proceso de recepción de caña y molienda del Ingenio Providencia.
Reunión técnica. Costos de fábrica. Ingenio La Cabaña. Mar.25	Revisión técnico–económica de las estaciones de elaboración de azúcar	Grupo de trabajo (personal de costos e ingenieros de proceso de siete ingenios: Providencia, Incauca, Central Castilla, Riopaila, La Cabaña, Risaralda y Manuelita; A. Carvajal y J. Astaiza, de Cenicaña). Coord.: C. Posada; T. Valencia e ingenieros del proceso de elaboración del Ingenio La Cabaña.
Reunión técnica. Costos de fábrica. Incauca. Mar.25	Revisión técnico–económica de las estaciones de generación de vapor y energía eléctrica	Grupo de trabajo (personal de costos e ingenieros de proceso de siete ingenios: Providencia, Incauca, Central Castilla, Riopaila, La Cabaña, Risaralda y Manuelita; A. Carvajal y J. Astaiza, de Cenicaña). Coord.: C. Posada; J. Largo e ingenieros de la estación de calderas y planta eléctrica.
Reunión técnica. Costos de producción. Ingenio Risaralda. May.5	Resumen costos de producción en campo, cosecha y fábrica al trimestre de 2004	Cañicultores del ingenio. Coord.: C. Posada y C.H. Isaacs
Presentación. Oriente S.A. Jul.1	Análisis de los factores que más inciden en la productividad y los costos, datos de Oriente S.A.	Profesionales de Oriente S.A. Exp.: A. Palma
Reunión técnica. Costos de producción. Ingenio Providencia. Ago.25	Resumen costos de producción en campo, cosecha y fábrica al trimestre de 2004	69 cañicultores GTT Ingenio Providencia. Exp.: S. Durán (cañicultor); J. Olarte (Ingenio); C. Posada (Cenicaña)
Presentación. Comité de investigación de campo. Cenicaña. Sep.15	Análisis de los factores que más inciden en la productividad y los costos, datos de Oriente S.A.	Miembros del Comité de investigación de campo. Exp.: A. Palma
Presentación. Junta de cultivadores. Asocaña. Nov.23	Análisis de los factores que más inciden en la productividad y los costos, datos de Oriente S.A.	Miembros de la junta de cultivadores. Exp.: A. Palma
Reunión técnica. Costos de producción. Ingenio Central Castilla. Nov.23	Resumen costos de producción en campo, cosecha y fábrica al semestre de 2004	30 cañicultores GTT Ingenio Central Castilla. Exp.: F. Hoyos (cañicultor); J.E Caicedo (Ingenio); C. Posada (Cenicaña)
Reunión técnica. Costos de producción. Ingenio Mayagüez. Dic.2	Resumen costos de producción en campo, cosecha y fábrica al semestre de 2004	40 cañicultores GTT Ingenio Mayagüez. Exp.: A. Saa, G. Rebolledo (cañicultores); J. Pantoja (Ingenio); C. Posada (Cenicaña)

Actividad, lugar y fecha	Tema	Asistentes - participantes
Inducción. Costos de producción. Incauca. Dic.9	Matriz de costos de campo	A. Roldán; personal de costos del Ingenio Sancarlos; M. Rueda de Incauca y C. Posada de Cenicaña.
Reunión técnica. Costos de producción. Ingenio Pichichí. Dic.16	Resumen costos de producción en campo, cosecha y fábrica al semestre de 2004	25 cañicultores GTT Ingenio Pichichí. Exp.: M. Azcararte (Cañicultor); W. Roa (Ingenio) C. Posada (Cenicaña)
PROCESOS ANALÍTICOS-ESTANDARIZACIÓN DE MEDICIONES EN FÁBRICA		
Reuniones técnicas. Cenicaña. Feb.12; mar.29; jul.8; nov.12.	Estandarización de metodologías analíticas	Grupo de trabajo. Coord.: L.M. Calero
Asistencia técnica. Ingenio Manuelita. May.-jun.	Sacarosa en caña por análisis directo-laboratorio móvil	Técnicos de Cenicaña e Ingenio. Responsable: D.E. Ramírez
Reuniones técnicas. Cenicaña, Ingenio Manuelita. May.25-Julio	Análisis de las pérdidas en el proceso fabril	Técnicos de Cenicaña e Ingenio. Coord.: L.M. Calero; C.A. Moreno
REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE SACAROSA EN FÁBRICA		
Reuniones técnicas. Ingenio Central Castilla. Ene.30; feb.19, 24; mar.5; jun.30; jul.16	Seguimiento a las pérdidas de sacarosa en campo y fábrica	Técnicos de Cenicaña e Ingenio. Coord.: J. Larrahondo
Asistencia técnica. Ingenio Manuelita. Feb.	Determinación aproximada de la capacidad de agotamiento de la miel final del Ingenio Manuelita	Técnicos de Cenicaña e Ingenio. Coord.: J. Astaiza
Reunión técnica. Ingenio Riopaila. Sep.13	Seguimiento a las pérdidas de sacarosa en campo y fábrica	Técnicos de Cenicaña e Ingenio. Coord.: J. Larrahondo
MEDIO AMBIENTE		
Asistencia técnica. Ingenio Providencia. Ene.-mar.	Validación de una metodología para la evaluación de la eficiencia del sistema de limpieza en seco - mesa 4, con caña verde, cortada manual y mecánicamente.	Técnicos de Cenicaña e Ingenio. Coord.: L.M. Calero y J. Girón
Reuniones técnicas. Asocaña-CVC. Ene.30; feb.6; mar.15; may.11; jun.11; oct.22; nov.5.	Impacto ambiental de la aplicación sucesiva de vinazas-agroquímicos	Técnicos de ingenios, Cenicaña, Asocaña, CVC. Coord.: C.X. Calero; L.M. Calero; R.Quintero
Asistencia técnica. Ingenio La Cabaña. Mar.–may.	Validación de una metodología para la evaluación de la eficiencia del sistema de lavado.	Técnicos del Ingenio y Cenicaña. Coord. L.M. Calero y J Girón
Conferencia. Asocaña. Nov.29-30	Vulnerabilidad de acuíferos (A.V. Delgado; L. Candela)	Técnicos de ingenios. Coord.: C.X. Calero
ENERGÍA - ALCOHOL		
Conferencia. Foro "Prospectiva en energía y minería". Universidad Autónoma de Occidente, Colciencias, Universidad del Valle. Cali, Colombia. Mar.24	- Informe final y proyecciones del proyecto Gef-Asocaña "Cogeneración industrial para el sector azucarero colombiano aplicando el enfoque ESCO" - Proyecto nacional de oxigenación de las gasolinas en Colombia	Asistentes al foro. Conf.: C.O. Briceño
Conferencia. Seminario "Gestión territorial y ambiental". Gobernación del Valle del Cauca. Cali, Colombia. Jul.24	Condiciones de manejo agroindustrial de la caña de azúcar para la producción de alcohol	Asistentes al seminario. Conf.: C.O. Briceño
Conferencia. Seminario "Diagnóstico y alternativas energéticas en el suroccidente colombiano". Comité ejecutor local de ciencia, tecnología e innovación del sur del Valle del Cauca. Palmira, Colombia. Ago.26-27	Participación del sector azucarero en los programas de alcohol carburante	Asistentes al seminario. Conf.: C.O. Briceño

Actividad, lugar y fecha	Tema	Asistentes - participantes
Conferencia. Foro "Biocombustibles en Colombia: realidad o utopía". Universidad La Sabana. Bogotá, Colombia. Sep.6	Participación del sector azucarero en los programas de alcohol carburante	Asistentes al foro. Conf.: C.O. Briceño
Conferencia. Programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales. Corferias–Embajada de Francia. Bogotá, Colombia. Sep.28-29	- Alcoholes carburantes: Un reto para Colombia - Coloquio regional sobre energías renovables - Programa de uso racional y eficiente de energía y formas de energías no convencionales	Asistentes a la conferencia. Conf.: C.O. Briceño
Conferencia. I Congreso internacional sobre uso racional y eficiente de energía (CIUREE) 2004. Universidad Autónoma de Occidente. Cali, Colombia. Nov.4-6	Rendimiento de cosecha de la caña y generación de energía eléctrica	Asistentes al congreso. Conf.: C.O. Briceño
Conferencia. Asociación Colombiana de Ingeniería Química (capítulo Valle del Cauca). Club San Fernando. Cali, Colombia. Nov.25	Alcohol carburante: Una visión de futuro	Asistentes a la conferencia. Conf.: C.O. Briceño
Reunión técnica. Asocaña. Dic.3	Curso de entrenamiento PRAJ	Técnicos de Cenicaña e ingenios. Conf.: C.O. Briceño
MATERIA EXTRAÑA		
Conferencia. Instituto de Investigación en el Procesamiento Azucarero (SPRI). New Orleans, Estados Unidos. Abr.3 y 7	- Evaluación de floculantes naturales para clarificación en laboratorio: uso potencial en la producción de azúcar orgánica - Determinación de la materia extraña y sus relaciones con los diferentes sistemas de cosecha en la agroindustria azucarera colombiana	Asistentes a la conferencia. Conf.: J.E. Larrahondo
Encuentros regionales de ciencia, tecnología e innovación. Colciencias. Bogotá, Colombia. Sep.15	Impacto de la materia extraña en el proceso agroindustrial de la caña de azúcar	Asistentes al encuentro. Conf.: J.E. Larrahondo
ESPECTROSCOPIA NIR		
Conferencia. XII Congreso colombiano de química "Visión del sector químico: oportunidades, competitividad y competencias", V premio nacional de química. Cartagena, Colombia. Oct.15-17	- Composición química de la C*ordia lutea* Lam y su potencial aplicación como floculante en la producción de azúcar orgánica - Evaluación de dos métodos analíticos para cuantificar las pérdidas de nitrógeno en suelos del valle del río Cauca	Asistentes al congreso. Conf.: J.E. Larrahondo
Conferencia. Simposio internacional en caña de azúcar sostenible y tecnología de producción de azúcar. Nanning, Guangxi. China. Nov.29–dic.2	Potencial y aplicaciones de la espectroscopia NIR en la industria azucarera colombiana	Asistentes al simposio. Conf.: J.E. Larrahondo

III. Atención de estudiantes, investigadores, técnicos y productores agropecuarios en la Estación Experimental, 2004

Fecha	Organización y número de visitantes	Tema (responsable)
Ene.14	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Bogotá, Cundinamarca. Tres funcionarios.	Cultivo de hongos comestibles (M.L. Guzmán)
Ene.14-16	Centro de Investigación en Palma de Aceite (CENIPALMA). Barrancabermeja, Santander. Programa de transferencia de tecnología. Cuatro profesionales.	Grupos de transferencia de tecnología en la industria azucarera (C.H. Isaacs)

Fecha	Organización y número de visitantes	Tema (responsable)
Mar.4	Universidad del Valle. Cali, Valle del Cauca. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, programa de tecnología en Ecología y Manejo y Ambiental y programa de pregrado en Ingeniería Agrícola. 35 estudiantes y dos profesores.	Características y funcionamiento de la red meteorológica automatizada (E. Cortés) Manejo y aplicación del agua de riego en caña de azúcar (J.R. Cruz)
Mar.4	Ingenio María Luisa. Cali, Valle del Cauca. Nueve mayordomos y tecnólogos del ingenio.	Reconocimiento, evaluación y manejo de plagas de la caña de azúcar (G. Vargas)
Mar.18 y 25	Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, programas de pregrado en Ingeniería Agronómica, Ingeniería Agrícola e Ingeniería Agroindustrial. 15 estudiantes y dos profesores.	Mejoramiento genético de variedades (C.A. Viveros) Enfermedades de la caña y manejo de semilleros (J.C. Ángel) Insectos plaga y su manejo (G. Vargas) Manejo de aguas (J.R. Cruz)
Mar.30	Universidad de la Amazonía. Florencia, Caquetá. Facultad de Ingeniería, programa de pregrado en Ingeniería Agroecológica. 28 estudiantes y un profesor.	Enfermedades de la caña de azúcar (J.C. Ángel) Plagas de la caña (L.A. Gómez)
Abr.15	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (IDEAM-PNUD). Bogotá, Cundinamarca. Proyecto sobre cambio climático, fase II. Un representante, módulo de agricultura.	Fertilización edáfica (R. Quintero) Caña verde (J. Torres)
Abr.27	Universidad del Valle. Cali, Valle del Cauca. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, programa de pregrado en Biología. 15 estudiantes y un profesor.	Manejo de plagas en caña de azúcar (G. Vargas)
Abr.28	Universidad EAFIT. Medellín, Antioquia. Escuela de Ingeniería, programa de pregrado en Ingeniería de Procesos. 15 estudiantes y dos profesores.	Biotecnología (F. Ángel)
Abr.30; sep.29	Universidad del Cauca. Popayán, Cauca. Facultad de Ingeniería Civil, programa de pregrado en Ingeniería Ambiental. Primer grupo: 9 estudiantes y un profesor. Segundo grupo: 16 estudiantes y un profesor.	Red meteorológica automatizada (E. Cortés)
May.3	Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas" (Colciencias). Bogotá, Cundinamarca. Una funcionaria.	Evaluación de la resistencia al virus de la hoja amarilla en plantas transformadoras genéticamente (F. Ángel)
May.5	Canterbury Reseach S.A. Quito, Ecuador. Tres representantes.	Fertilización de la caña de azúcar (R. Quintero)
May.5	Alen+Pro S.A. (Alimento energético protéico S.A.). Cartago, Valle del Cauca. Un funcionario.	Hongos comestibles (M.L. Guzmán; J.C. Ángel)
May.6; oct.28	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso, Boyacá. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, programa de pregrado en Contaduría Pública. Primer grupo: 35 estudiantes y un profesor. Segundo grupo: 39 estudiantes y un profesor.	Criterios económicos en la definición de un plan contable; costos de investigación y producción; importancia del sector azucarero en la economía nacional (C. Posada)
May.11	Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, programas de pregrado en Ingeniería Agronómica e Ingeniería Ambiental. 32 estudiantes y un profesor.	Red meteorológica automatizada (E. Cortés)
May.13	Universidad INCCA de Colombia. Bogotá, Cundinamarca. Facultad de Ciencias Básicas y Naturales, programa de pregrado en Biología. 11 estudiantes y un profesor.	Cultivo de tejidos en caña de azúcar (M.L. Guzmán)
May.13; nov.11	Universidad de Córdoba. Montería, Córdoba. Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías, programa de pregrado en Química. Primer grupo: 14 estudiantes y un profesor. Segundo grupo: 8 estudiantes y dos profesores	Aplicaciones de biotecnología en caña de azúcar (F. Ángel)
May.19	Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta. Facultad de Ciencias Agropecuarias, programa de pregrado en Ingeniería Agronómica. 30 estudiantes y dos profesores.	Selección y mejoramiento de variedades (H. Ranjel) Manejo de aguas (J.R. Cruz)
May.26	Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima. Facultad de Ingeniería Agronómica, programa de pregrado en Ingeniería Agronómica. 27 estudiantes y un profesor.	Manejo de aguas, costos de riego, estructuras de aforo (J.R. Cruz)
May.26	Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, programa de pregrado en Ingeniería Agronómica. 28 estudiantes y un profesor.	Manejo de aguas, costos de riego, estructuras de aforo (J.R. Cruz) Demostración software Balance Hídrico v.3.0 (J.Y. Gutiérrez)

Fecha	Organización y número de visitantes	Tema (responsable)
Jun.1; nov.26	Universidad Francisco de Paula Santander. San José de Cúcuta, Norte de Santander. Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, programa de pregrado en Ingeniería de Producción Biotecnológica. Primer grupo: 30 estudiantes y dos profesores. Segundo grupo: 30 estudiantes y dos profesores.	Aplicaciones de biotecnología en caña de azúcar (F. Ángel)
Jun.2; nov.23	Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Cundinamarca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, programa de pregrado en Ingeniería Agronómica. Primer grupo: 62 estudiantes y un profesor. Segundo grupo: 65 estudiantes y un profesor.	Programa de selección de variedades (C.A. Viveros; M. Acosta) Enfermedades de la caña (J.C. Ángel)
Jun.4	Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, programa de pregrado en Ingeniería Agronómica. 20 estudiantes y un profesor.	Enfermedades de la caña (J.C. Ángel)
Jun.4	Universidad de Caldas. Manizales, Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Sistemas de Producción, programa de pregrado en Ingeniería Agronómica. 38 estudiantes y un profesor.	Programa de mejoramiento y selección de variedades (H. Ranjel)
Jun. 4	Corporación Universitaria de Santa Rosa de Cabal. Santa Rosa de Cabal, Risaralda. Programa de pregrado en Agronomía. 25 estudiantes y un profesor.	Programa de mejoramiento y selección de variedades (H. Ranjel)
Jun.4	Senado de la República de Colombia. Bogotá, Cundinamarca. Un Senador.	Programa de variedades de Cenicaña (H. Rangel)
Jun.10	Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Antioquia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, programas de pregrado en Ingeniería Agronómica y posgrado en Biotecnología. 15 estudiantes y un profesor.	Aplicaciones de biotecnología en mejoramiento de caña de azúcar (F. Ángel) Uso y manejo de invernaderos (C.A. Viveros)
Jun.16	Central Azucarero Tolimán, "Molipasa" – Moliendas Pepelón S.A. Guanare, Estado Portuguesa (Venezuela). Tres representantes del central azucarero.	Información de variedades de caña (H. Ranjel) Riego en caña (J. Torres) Materia extraña y calidad de caña (J. Larrahondo)
Jun.24	Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Antioquia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, programas de pregrado en Ingeniería Agronómica. 13 estudiantes y un profesor.	Enfermedades de la caña (J.C. Ángel)
Ago.10	Senado de la República de Colombia. Bogotá, Cundinamarca. Comisión V del Senado. 10 personas entre senadores y representantes de la industria azucarera.	Programa de variedades de Cenicaña (H. Rangel)
Ago.23-27	Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar de México (CIDCA). México. Programa de mejoramiento. Tres profesionales.	Agricultura específica por sitio (C. H. Isaacs) Zonificación agroecológica (J. Carbonell) Programa de mejoramiento de variedades (J.I. Victoria; H. Rangel; C. Viveros) Fitopatología (M.L. Guzmán) Biotecnología (G. Rauscher) Entomología (L.A. Gómez)
Oct.14	Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, programa de pregrado en Ingeniería Agronómica. 13 estudiantes y un profesor.	Programa de mejoramiento y selección de variedades (C.A. Viveros) Manejo y aplicación de agua de riego (J.R. Cruz)
Oct.21	Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, programa de pregrado en Ingeniería Agronómica. 40 estudiantes y un profesor.	Manejo de plagas en caña (G. Vargas) Red meteorológica automatizada (E. Cortés)
Oct.22	Centro Regional de Gestión para la Productividad e Innovación de Boyacá (CREPIB). Tunja, Boyacá. Proyecto "Sistema de identificación y mejoramiento de las capacidades de innovación y desarrollo tecnológico de las cadenas agroalimentarias de Boyacá". Tres personas vinculadas con el proyecto.	Sistemas de información, innovación y desarrollo tecnológico en Cenicaña (C.H. Isaacs)
Nov.26	Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Antioquia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, programa de pregrado en Ingeniería Agrícola. Cinco estudiantes y un profesor.	Avances y tendencias en mecanización agrícola (J.R. Cruz)
Nov.29	Instituto de Educación Técnica Profesional de Roldanillo. Roldanillo, Valle del Cauca. Programa de Técnicas Agropecuarias. 17 estudiantes y un profesor.	Generalidades sobre sistemas de propagación de caña, variedades, reconocimiento y control de plagas y enfermedades (P.T. Uribe)
Nov.30	Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca. Especialización en Agroecología con énfasis en Manejo y Conservación de Suelos y Aguas. 20 estudiantes y un profesor.	Grupos de manejo de suelos para la caña de azúcar en el valle del río Cauca y fertilización del cultivo (R. Quintero)

IV. Participación del personal en actividades de inducción, intercambio y capacitación, 2004

Actividad	Asistencia
Seminario. "Surfactantes y antiespumantes". Silkim de Colombia. Tecnicaña. Cali, Colombia, feb.4	C.O. Briceño
Curso "Bioecología y manejo integrado del salivazo de los pastos". Ciat. Palmira, Colombia, feb.20-26	L.A. Gómez y G. Vargas
CBN-VI Cassava Biotechnology Network. Ciat. Palmira, Colombia, mar.10 y 11	C. Avellaneda; F. Ángel; G. Rauscher
Taller "Mercados internacionales y capacidad para el desarrollo de la biotecnología en los países andinos". CAF, CEPAL, Colciencias. Bogotá, Colombia, mar.18-19	F. Ángel
Visita técnica Florida Crystals. Okeelanta, Estados Unidos, mar.25-26	J.E. Larrahondo
Visita técnica. Instituto Azucarero de Audubon. Baton Rouge, Estados Unidos, Abr.1	J.E. Larrahondo
Sesión XXIV de ICUMSA. Instituto de Investigación en el Procesamiento Azucarero, (SPRI). Atlanta, Georgia. Estados Unidos, abr.8-9	J.E. Larrahondo
Curso "Hongos entomopatógenos en el control de insectos plaga". Cenicafé. Chinchiná, Colombia, abr.19-23	G. Vargas
Foro "Uso racional y eficiente de energía". Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, may.10	J.M. Astaiza
Encuentro de fitomejoradores. Corpoica Villavicencio, Colombia, jun.29-jul.3	H. Rangel
Taller "Técnicas de negociación". Tecnicaña. Cali, Colombia, jul.2-3	A. Amaya; F. Ángel; A. Carvajal; C. Isaacs; N. Pérez; R. Quintero; P. Valencia; C. Viveros
Visitas técnicas Instituto de Investigación Azucarera (SRI) Estaciones experimentales del azúcar (BSES). Australia, jul.26–ago.2	J.E. Larrahondo
Seminario "Normas técnicas aplicables al etanol carburante". Asocaña. Cali, Colombia, jul.23	C.O. Briceño
XXXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen). Bogotá, Colombia, jul.28-30.	L.A. Gómez y G. Vargas
Simposio de estadística Universidad Nacional de Colombia Cartagena, Colombia, ago.2-6	A. Palma; C.A. Moreno
Segundo encuentro "Uso racional de energía y fuentes de energía no convencionales". Cámara de Grandes Consumidores de Energía y Gas-ANDI Bogotá, Colombia, ago.5-6	A. Carvajal

Actividad	Asistencia
Visitas técnicas. Universidad de Sao Paulo, Brasil. Universidad Mar del Plata, Argentina Universidad de James Cook, Australia Instituto de Investigación en el Procesamiento Azucarero, Australia Ago.14–sep.4	A.L. Gómez
IX Seminario de Biotecnología. "Estudios de diversidad genética" Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, may.20	K. Espinosa; C. Avellaneda; M.L. Guzmán
Curso "Competencias laborales". Sena-Asocaña. Cali, Colombia, ago.27	J.M. Astaiza
II Encuentro Internacional de "Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales". Universidad Tecnológica del Chocó Quibdó, Colombia, sep.6-9	M.L. Guzmán
Encuentro Nacional de Investigadores Colombianos "Globalización y Ciencia". Colciencias Bogotá, Colombia, sep.9-10	C.O. Briceño; H. Rangel
Seminario "Gestión del Conocimiento en Red y Comunicación Digital". Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia, sep.13 y 14	A. Arenas; V.E. Carrillo
XXII Día Informático. Universidad Icesi. Cali, Colombia, sep.22	C. Avellaneda; M.J. Larrahondo; G. Rauscher y F. Ángel
IV Encuentro "Universidad–Empresa–Estado". ASCUM-Fundación Vínculo-Universidad Autónoma de Occidente. Cali, Colombia, sep.23	C.O. Briceño
Presentación de "Cadenas productivas en el Valle del Cauca". Universidad Autónoma de Occidente-Gobernación del Valle. Cali, Colombia, sep.24	C.O. Briceño
Taller Nacional "Indicadores de Calidad del Suelo". Ministerio de Agricultura de Desarrollo Rural de Colombia-Ciat Palmira, Colombia, oct.20-22	J. Carbonell
I Congreso Internacional sobre uso racional y eficiente de energía, (CIUREE) 2004. Red Colombiana de Investigación en Eficiencia Energética (GIEN, UAO; Convergia, Univalle; GEAL, UNAL-Palmira) Cali, Colombia, nov.4-6	A. Carvajal; A.L. Gómez
Foro "Las experiencias en nuevas tecnologías de la información". Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, nov.5	A. Arenas
Curso "Operación y diseño de calderas bagaceras". Convenio Sena-Asocaña Cali, Colombia, nov.10-14	A. Carvajal
Semana Ingeniería Química. Seminario sobre alcohol carburante. Asociación colombiana de ingeniería química, capítulo Valle. Cali, Colombia, nov.22-25	J.M. Astaiza
Seminario "Gestión de marketing de cadenas productivas. Comité asesor de comercio exterior del Valle del Cauca–Carce". Ministerio de Comercio, Industria y Turismo Cali, Colombia, nov.26- 28	C.O. Briceño
Simposio internacional en caña de azúcar sostenible y tecnología de producción de azúcar. Academia de Ciencias Agrícolas de la Provincia de Guangxi Nanning, Guangxi. China, nov.29-dic.2	J.I. Victoria
I Curso de hibridación y análisis de microarreglos. Ciat. Palmira, Colombia, dic.1-3	C. Avellaneda; M.J. Larrahondo; G. Rauscher
Foro "Tecnología aplicada de los microorganismos eficaces (EM)". Tecnicaña. Cali, Colombia, dic.7	M.L. Guzmán

V. Ingresos de Cenicaña 1999-2004 en términos constantes

Año	Cuotas causadas nominales (millones Col$)	IPC 2004[1]	Factor conversión Col (2004)$	Cuotas causadas (millones Col (2004)$)
1999	4990	9.23	1.46	7270
2000	5558	8.75	1.33	7413
2001	8258	7.65	1.23	10,128
2002	8545	6.99	1.14	9736
2003	8747	6.49	1.06	9315
2004	8157	5.50	1.00	8157

1. Índice de precios al consumidor
Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) <www.dane.gov.co>

En 27 años el sector azucarero ha invertido $185,000 millones en investigación y desarrollo tecnológico a través de Cenicaña.

VI. Capital humano

Para el desarrollo de las actividades de investigación durante el año 2004 el Centro contó con 45 personas de nivel profesional, 40 personas de apoyo en investigación y servicios, y 64 trabajadores de campo. En desarrollo de trabajo de grado y pasantía estuvieron 10 estudiantes de distintas disciplinas y, a través del programa de jóvenes investigadores que se desarrolla mediante convenios con Colciencias, se vincularon cuatro profesionales.

VII. Jóvenes investigadores

Cenicaña es una de las instituciones nacionales de apoyo al fortalecimiento de la capacidad científica del país y como tal participa desde 1997 en el programa de formación de jóvenes investigadores auspiciado por Colciencias. En desarrollo de este programa, durante el 2004 el Centro contó con cuatro jóvenes profesionales dedicados a trabajos de investigación.

Convenios 111, 112 y 113 de 2003

Los convenios fueron firmados en 2003 para comenzar su ejecución en 2004, con un presupuesto aprobado de $57,600,000. Colciencias financia el 40% ($23,040,000) y Cenicaña el 60%, ($34,560,000).

Nombre y profesión	Proyecto y programa de investigación	Período
Katherine Espinosa Piedrahita Ingeniera Agrónoma	Evaluación de variedades de caña de azúcar utilizadas en el programa de mejoramiento de Cenicaña mediante marcadores moleculares (Programa de Variedades)	Marzo 29, 2004–2005 (Convenio 111)
Mavir Carolina Avellaneda Barbosa Microbióloga Industrial	Prueba de iniciadores específicos para identificar marcadores moleculares de resistencia al síndrome de la hoja amarilla (Programa de Variedades)	Enero 19, 2004-2005 (Convenio 112)
Carlos Fernando Sánchez Arcos* Químico	Proceso de implementación y certificación de los procesos analíticos de suelos, tejidos foliares y caña de azúcar en Cenicaña (Programa de Procesos de Fábrica)	Enero 15, 2004-2005 (Convenio 113)
Deisci Barrientos Avendaño Ingeniera Química	Realización del manual de sistemas de muestreo en los procesos fabriles (Programa de Procesos de Fábrica)	Enero 15, 2004-2005 (Convenio 113)

* Obtuvo una beca para estudios de doctorado en España, razón por la cual se retiró el 20 de septiembre de 2004. En su reemplazo, Colciencias aprobó la contratación de Sonia Patricia Ordoñez Marín, Química, entre el 11 de enero y el 10 de julio de 2005.

VIII. Personal profesional (al 31 de diciembre de 2004)

Dirección General

Álvaro Amaya Estévez
Director General
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Nohra Pérez Castillo
Secretaria Junta Directiva
Economista

Dirección Administrativa

Nohra Pérez Castillo
Directora Administrativa
Economista

Ligia Genith Medranda Rosasco
Contadora, Unidad de Contabilidad
Contadora Pública

Eduardo Fonseca Roa
Jefe Administrativo
Técnico Mercadeo Agrícola

Programa de Variedades

Jorge Ignacio Victoria Kafure
Director
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Hernando Antonio Ranjel Jiménez
Fitomejorador
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Carlos Arturo Viveros Valens
Fitomejorador
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Juan Carlos Ángel Sánchez
Fitopatólogo
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

María Luisa Guzmán Romero
Microbióloga
Bacterióloga

Luis Antonio Gómez Laverde
Entomólogo
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Germán Andrés Vargas Orozco
Entomólogo
Ingeniero Agrónomo

Fernando Ángel Sánchez
Biotecnólogo
Microbiólogo, Ph.D.

Gilda Rauscher [1]
Investigadora temporal, Biotecnología
Microbióloga, Ph.D.

Paula Tatiana Pérez
Fitomejoradora
Ingeniera Agrónoma

Mayumi Acosta Bastidas
Fitomejoradora
Ingeniera Agrónoma

Programa de Agronomía

Jorge Stember Torres Aguas
Director
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Fernando Villegas Trujillo [2]
Ingeniero de Mecanización Agrícola
Ingeniero Agrícola, M.Sc.

Rafael Quintero Durán
Edafólogo
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

José Ricardo Cruz Valderrama
Ingeniero de Suelos y Aguas
Ingeniero Agrícola, M.Sc.

Alejandro Durán Sanclemente [1]
Investigador temporal
Ingeniero Agrónomo

Silvio Fernando Cadena Saucedo [1]
Ingeniero Proyectos Vinazas
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Programa de Procesos de Fábrica

Carlos Omar Briceño Beltrán
Director
Ingeniero Químico, M.Sc.

Jesús Eliécer Larrahondo Aguilar
Químico Jefe
Químico, Ph.D.

Liliana María Calero Salazar
Química
Química, M.Sc.

Nicolás Javier Gil Zapata [2]
Ingeniero de Procesos Químicos
Ingeniero Químico

Adolfo León Gómez Perlaza [3]
Ingeniero Mecánico
Ingeniero Mecánico, M.Sc.

Arbey Carvajal López
Ingeniero de Procesos Mecánicos
Ingeniero Mecánico

Diego Edinson Ramírez Domínguez [1]
Ingeniero de Procesos Mecánicos
Ingeniero Mecánico

Julian Astaiza Ortiz [1]
Investigador temporal
Ingeniero Químico

Servicio de Análisis Económico y Estadístico

Carlos Arturo Moreno Gil
Biometrista
Estadístico, M.Sc.

Alberto Efraín Palma Zamora
Biometrista
Matemático, M.Sc.

Claudia Posada Contreras
Economista

Servicio de Tecnología Informática

Einar Anderson Acuña
Jefe
Ingeniero Industrial

Servicio de Información y Documentación

Adriana Arenas Calderón [4]
Jefe
Bibliotecóloga

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Camilo Humberto Isaacs Echeverry
Jefe
Ingeniero Agrónomo

Victoria Eugenia Carrillo Camacho
Especialista en Comunicación Técnica

Paula Tatiana Uribe Jaramillo
Grupos de Transferencia de Tecnología
Ingeniera Agrónoma

Hernán Felipe Silva Cerón [1]
Administrador Web
Comunicador Social

José Yesid Gutiérrez Viveros [1]
Fincas Piloto
Ingeniero Agrícola

Paula Marcela Valencia Ramírez [1]
Grupos de Transferencia de Tecnología
Ingeniera Agrónoma

Margarita Franco Plata [1]
Grupos de Transferencia de Tecnología
Ingeniera Agrónoma

Luna Paola Andrade Santacoloma [1]
Grupos de Transferencia de Tecnología
Ingeniera Agrónoma

Superintendencia de la Estación Experimental

Javier Alí Carbonell González
Superintendente de Campo
Ingeniero Agrícola, M.Sc.

Enrique Cortés Betancourt
Meteorólogo
Ingeniero Meteorólogo, M.Sc.

Carlos Andrés Osorio Murillo [1]
Analista SIG
Ingeniero Topográfico

1. Contrato a término fijo
2. En licencia de estudios de posgrado
3. Contrato con la Universidad del Valle, medio tiempo
4. Reemplazó a Guadalupe Bustamante Álvarez, quien se retiró en febrero de 2004

Entidades y grupos

Acac:	Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia
Andi:	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
Ascolfi:	Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines
Ascun:	Asociación Colombiana de Universidades
Asocaña:	Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia
BSES:	Buró de Estaciones Experimentales Azucareras (Australia) (*Bureau of Sugar Experimental Stations*)
Caf:	Corporación Andina de Fomento
Carce:	Comité Asesor Regional de Comercio Exterior
Cenicafé:	Centro Nacional de Investigaciones de Café
Cenicaña:	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia
Cenipalma:	Centro de Investigación en Palma de Aceite
Cepal:	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
Ciat:	Centro Internacional de Agricultura Tropical
Cidca:	Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar de México
Cimpa:	Centro de Investigación para el Mejoramiento de la Agroindustria Panelera
Cincae:	Centro Nacional de Investigaciones y Desarrollo de la Caña de Azúcar de Ecuador
CNIAA:	Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera de México
Colciencias:	Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas"
Convergia:	Grupo de Investigación en Conversión de Energía (Universidad del Valle)
Copersucar:	Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo Ltda. (Brasil)
Corpoica:	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Crepib:	Centro Regional de Gestión para la Productividad y la Innovación de Boyacá
CVC:	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
Fao:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*)
Fedepanela:	Federación Nacional de Productores de Panela
Geal:	Grupo de Eficiencia Energética y Energías Alternativas (Universidad Nacional de Colombia)
Gef:	Fondo para el Medio Ambiente Global (*Global Environment Facility*)
Gien:	Grupo de Investigación en Energías (Universidad Autónoma de Occidente)
GTT:	Grupo de Transferencia de Tecnología
IBUN:	Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia
ICA:	Instituto Colombiano Agropecuario
Icumsa:	Comisión Internacional para Métodos Uniformes de Análisis de Azúcares (*International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis*)
Ideam:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IGAC:	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
INIA:	Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (Venezuela)
OMM:	Organización Meteorológica Mundial (*WMO, World Meteorological Organization*)
ParqueSoft:	Parque Tecnológico de Software
PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Sena:	Servicio Nacional de Aprendizaje
Socolen:	Sociedad Colombiana de Entomología
SPRI:	Instituto de Investigación del Proceso del Azúcar (USA) (*Sugar Processing Research Institute*)
SRI:	Instituto de Investigación del Azúcar (Australia) (*Sugar Research Institute*)
Tecnicaña:	Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar

Varios

AEPS:	Agricultura Específica por Sitio
ATR:	Azúcares totales reductores
CIUREE:	Congreso Internacional sobre Uso Racional y Eficiente de Energía
DQO:	Demanda química de oxígeno
DBO_5:	Demanda bioquímica de oxígeno después de cinco días
Esco:	Empresa de servicios energéticos
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global (*Global Positioning System*)
HPLC:	Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (*High Performance Liquid Chromatography*)
i.a.:	Ingrediente activo
IPC:	Índice de Precios al Consumidor
LSD:	Escaldadura de la hoja
NIR:	Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (*Near Infrared Spectroscopy*)
pb:	Pares de bases
PCS:	Poder calorífico superior
POC:	Pol en células abiertas (*pol in open cells*)
RMA:	Red Meteorológica Automatizada
RSD:	Raquitismo de la soca
Rto:	Rendimiento
ScBV:	Virus baciliforme de la caña de azúcar
ScMV:	Virus del mosaico de la caña de azúcar
ScYLV:	Virus de la hoja amarilla
SDM:	Surco Doble Modificado
SEF:	Sistema Experto de Fertilización
SIG:	Sistema de Información Geográfica
Simces:	Sistema de Información para el Manejo de Caña Específico por Sitio
Sivar:	Sistema de Información de Variedades
SST:	Sólidos suspendidos totales
TAH:	Toneladas de azúcar por hectárea
TAHM:	Toneladas de azúcar por hectárea por mes
TCH:	Toneladas de caña por hectárea
TCHM:	Toneladas de caña por hectárea por mes
TSH:	Toneladas de sacarosa por hectárea
Z_Agro:	Zona agroecológica

Variedades de caña

CC:	Cenicaña Colombia
MZC:	Mayagüez Colombia
PR:	Puerto Rico
RD:	República Dominicana
V:	Venezuela

El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña) es una corporación privada sin ánimo de lucro, fundada en 1977 por iniciativa de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (Asocaña) en representación de la agroindustria azucarera localizada en el valle del río Cauca.

Su misión es contribuir por medio de la investigación, evaluación y divulgación de tecnología y el suministro de servicios especializados al desarrollo de un sector eficiente y competitivo, de manera que éste juegue un papel importante en el mejoramiento socioeconómico y en la conservación de un ambiente productivo, agradable y sano en las zonas azucareras.

Cenicaña desarrolla programas de investigación en Variedades, Agronomía y Procesos de Fábrica, y cuenta con servicios de apoyo en Análisis Económico y Estadístico, Información y Documentación, Tecnología Informática, Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología. Presta servicios de análisis de laboratorio, administra las estaciones de la red meteorológica automatizada y mantiene actualizada la cartografía digital del área cultivada.

Sus recursos de financiación corresponden a donaciones directas realizadas por los ingenios azucareros Carmelita, Central Castilla, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda, Sancarlos y Sicarare, y sus proveedores de caña. También adelanta proyectos cofinanciados por otras entidades, especialmente en el marco de programas coordinados por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas".

La Estación Experimental está ubicada en el corregimiento de San Antonio de los Caballeros (Florida, Valle del Cauca), donde se encuentran las oficinas de administración e investigación, la biblioteca, los invernaderos y los laboratorios. La estación ocupa 62 hectáreas localizadas a 3° 21' de latitud norte, 76° 18' de longitud oeste y 1024 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual en este sitio es de 23.5 °C, precipitación media anual de 1160 mm y humedad relativa de 77%.

Las investigaciones sobre el cultivo se realizan en la Estación Experimental y en predios de los ingenios azucareros y los cultivadores de caña. Las investigaciones de fábrica se llevan a cabo en plantas industriales consideradas como ingenios piloto.

Cita bibliográfica

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 2005. Informe Anual 2004. Cali, Cenicaña. 110 p.

Calero, L.M.; López, C.; Ospina, O. 2000. Diagnóstico del sistema de lavado de caña en el Ingenio Central Castilla. En: Congreso Colombiano de Técnicos de la Caña de Azúcar, 5. Memorias. Cali, TECNICAÑA. CD-Rom.

Carbonell González, J.; Amaya Estévez, A.; Ortiz Uribe, B.V.; Torres, J.S.; Quintero Durán, R.; Isaacs Echeverry, C.H. 2001. Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. Tercera aproximación. Cali, Cenicaña, 59p. (Serie Técnica, no.29)

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 1998. Informe anual 1997. Cali, CENICAÑA. p.62.

_____. Cali. 1999. Informe Anual 1998. Cali, Cenicaña. p.37-38

_____. Cali. 2001. Informe Anual 2000. Cali, Cenicaña. p.27-28

_____. Cali. 2003. Informe Anual 2002. Cali, Cenicaña. p.21-22, 30-34, 40-41

_____. Cali. 2004. Informe Anual 2003. Cali, CENICAÑA. p.40-43, 47-53

Gil, N.; Briceño, C.O.; Palma, A.E. 2001. Determination of target purity for Colombian exhaust molasses. En: XXIV Congress International Society Sugar Cane Technologists, Brisbane, Australia, 17-21 september 2001. Proceedings. Mackay, Australia, ISSCT. v.1. p.368-370

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2002. Clasificación de las tierras por capacidad de uso. Subdirección de Agrología. Bogotá, IGAC. 40p.

Larrahondo, J.E. 2002. Proyecto pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda. Informe final. Contrato Colciencias–Cenicaña 537-97. Cali, CENICAÑA. 20p. (anexo p.21-61).

Leopold, L. 1971. A procedure for evaluating environmental impacts. US Geological Survey Circular 645/1971. Washington, D.C.

United States Department of Agriculture. 2003. Keys to Soil Taxonomy. Ninth Edition. USDA. 332p.

Victoria K., J.I.; Ranjel J., H.; Viveros V., C.A. 2002. Obtención de nuevas variedades para la industria azucarera colombiana. Carta Trimestral Cenicaña. v.24, no.1, p.5-11