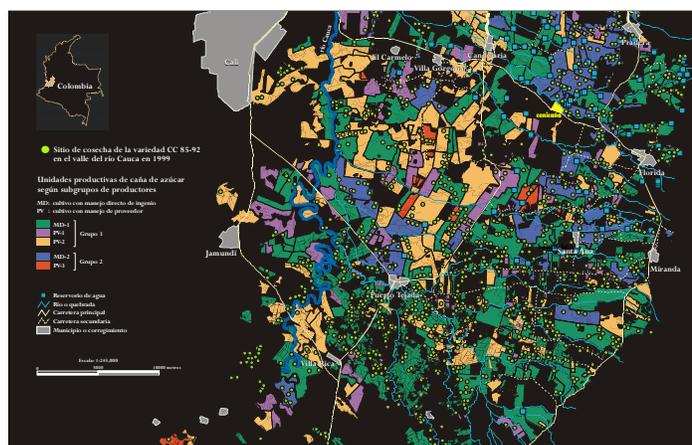


cenicaña

INFORME ANUAL 1999



MAPA CARÁTULA: BRENDA V. ORTIZ - ÁREA SIG; ARTE: ALCIRA ARIAS V. - SCTT

● Sitio de cosecha de la variedad CC 85-92 en el valle del río Cauca en 1999



La variedad CC 85-92 fue la tercera más cosechada por la industria azucarera del valle del río Cauca en 1999, y la primera en área sembrada. Distribuida principalmente en la parte sur del valle, con ella se superó la productividad de la variedad más cosechada en 2.2 toneladas de azúcar por hectárea.

Publicación CENICAÑA 2000.
ISSN 0120-5854

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA. CALI.
2000. Informe Anual 1999. Cali, CENICAÑA. 132 p.

Calle 58N N° 3BN-110
Cali, Colombia
www.cenicana.org
e-mail: buzon@cenicana.org

1250 ejemplares
Impreso en Colombia

Contenido

- iv** Junta Directiva y Comités de la Junta, 1999
- vi** CENICAÑA 22 años
- viii** Informe del director / Director's report
- xv** Renuncia del doctor James H. Cock al cargo de director general de CENICAÑA
- 1** Análisis de la producción comercial

Macroyectos de Investigación y Transferencia

- 15** Producción de alta sacarosa estable
- 25** Caña verde
- 39** Reducción de las pérdidas de sacarosa
- 49** Modelos de decisión
- 65** Mercadeo de tecnología

Proyectos Complementarios

- 86** Labranza reducida
- 88** Estandarización de los sistemas de medición en las fábricas
- 90** Gestión ambiental
- 92** Gestión energética

Servicios de Apoyo

- 96** Información y documentación
- 97** Tecnología informática

- 99** Anexo
- 112** Referencias bibliográficas
- 113** Acrónimos, abreviaturas y términos técnicos y regionales

Cenicaña 1999

JUNTA DIRECTIVA

JUAN JOSÉ LÜLLE SUÁREZ
Presidente

PRINCIPALES

JUAN JOSÉ LÜLLE SUÁREZ
Presidente
Ingenio Incauca S.A.

HAROLD CERÓN RODRÍGUEZ
Gerente General
Ingenios Central Castilla S.A. y
Riopaila S.A.

ADOLFO LEÓN VÉLEZ VÉLEZ
Gerente General
Ingenio Manuelita S.A.

DARÍO VALENCIA SOTO
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 S. ARANGO FRANCO
Vicepresidente
Ingenio Incauca S.A.

JOSÉ JOAQUÍN TAFUR CALDERÓN
Gerente Unidad Negocios Campo
Ingenios Central Castilla S.A. y Riopaila S.A.

VÍCTOR JULIO PORRAS GUTIÉRREZ (†)*
Director División Campo
Ingenio La Cabaña S.A.

CÉSAR AUGUSTO ARANGO ISAZA
Gerente General
Ingenio Risaralda S.A.

ÁLVARO JOSÉ CORREA BORRERO
Representante
Ingenio Mayagüez S.A.

BERNARDO SILVA CASTRO
Representante de los cultivadores
afiliados a ASOCAÑA

SANTIAGO DURÁN CASTRO
Representante de los cultivadores
afiliados a PROCAÑA

INVITADOS

ARMANDO SAMPER GNECCO
Director Emérito
CENICAÑA

GERMÁN JARAMILLO VILLEGAS
Gerente General
Ingenio Mayagüez S.A.

COMITÉS DE LA JUNTA

COMITÉ EJECUTIVO

Presidente
RICARDO VILLAVECES PARDO
Presidente
ASOCAÑA

COMITÉ DE PROGRAMAS

Presidente
GERMÁN JARAMILLO VILLEGAS
Gerente General
Ingenio Mayagüez S.A.

COMITÉ DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Presidente
HUMBERTO CALDERÓN AGUDELO
Jefe Departamento de Agronomía
Ingenio Incauca S.A.

COMITÉ DE INVESTIGACIÓN DE FÁBRICA

Presidente
JAIME HERNÁN CARDONA RUIZ
Gerente de Fábrica
Ingenio Manuelita S.A.

COMITÉ DE INVESTIGACIÓN DE COSECHA**

Presidente
PEDRO JOSÉ CABAL DUQUE
Director División de Cosecha
Ingenio Mayagüez S.A.

* El doctor Victor Julio Porras G. falleció el 5 de noviembre de 1999. En su reemplazo se nombró al doctor Eduardo Valderrama Varela, gerente general del Ingenio La Cabaña S.A.

** Este comité fue constituido el 4 de agosto de 1999.

*Agricultura,
industria y
comunidad*

*Estructura productiva
en el valle del río Cauca*

Colombia

Cenicaña 22 años



Los últimos años del siglo XX no han sido sencillos para Colombia y el sector azucarero no ha sido la excepción. A los problemas del país, que han sido muchos, hay que sumar, en el caso del azúcar, el efecto acumulado de más de seis años de revaluación, una caída en el consumo interno, los niveles de tasas de interés más altos del decenio y, como si fuera poco, en 1999, precios internacionales, en términos reales, entre los más bajos del siglo. A la vez, un entorno cambiante, un mundo sacudido por los efectos de la globalización —aún no percibidos en toda su intensidad— y unas transformaciones cada vez más profundas en aquello que constituye el mercado para un producto como el azúcar de Colombia destinado, en muy buena proporción, al mercado externo. No es sencillo, tampoco, el escenario que se prevé: un mercado creciente pero, a su vez, un mercado competido. Y competido no solamente por el azúcar de otros países y por los subsidios que, a pesar de todos los esfuerzos, siguen prevaleciendo en los países ricos. Se trata también de la competencia con edulcorantes del maíz, con productos artificiales de distinto tipo y características, todos ellos con capacidad de generar algún nivel de riesgo. Además, en un entorno mundial en el que la estructura industrial y empresarial está en proceso de recomposición; es la época de las grandes compañías que involucran muchas actividades y, al mismo tiempo, tienen una cobertura geográfica que deja obsoleto el concepto de empresas nacionales.

En condiciones como las mencionadas es necesario reflexionar acerca de los retos que se enfrentarán en los años por venir. Es, por otro lado, el momento de dejar de mirar este sector como el de la producción azucarera y verlo como la fuente de una serie de actividades, productos y servicios que van mucho más allá de su concepción tradicional. Se trata de verlo como el complejo industrial que permite la producción de sucroquímica pero también de papel, de dulces, confites y chocolatería, de energía eléctrica, de alcoholes y alcoquímica, entre otros. Es decir, verlo como un sector con amplias posibilidades de generar productos de mayor valor agregado y diferenciación.

Pero ¿qué tan sólido es el sector para pensar en ello? Pues seguramente muy sólido, por tratarse de un sector que fundamenta toda esta posibilidad en la existencia de una zona de agricultura especializada de clase mundial. Los resultados en este frente son muy satisfactorios si se miran de forma comparada con los países líderes en producción de caña en el mundo. Pero lo más importante es que han sido resultados positivos de manera consistente en el tiempo y cada vez hay más posibilidad de mantenerlos e incluso de obtener mejoras adicionales.

En todo ello se evidencia la fortaleza de contar con una infraestructura de investigación como la que hoy tiene CENICAÑA. Es el hecho de poder contar con las variedades desarrolladas en el Centro y saber que vienen muchas más en camino; es saber que frente a retos como el de la caña verde hay un equipo de primer nivel investigando y desarrollando alternativas; es saber que hay los contactos y la red de trabajo con otros centros líderes del mundo para poder estar al día con los avances que se logren en campos como el de la biotecnología; es poder lograr ahorros importantes en el manejo de un recurso escaso como el agua, por cuenta de prácticas desarrolladas para lograr este propósito, sin sacrificar los resultados en materia de productividad; es contar cada día con más conocimiento sobre la zona geográfica y poder desarrollar paquetes tecnológicos especializados para las condiciones de cada microzona. Es, en fin, contar con un centro de investigación orientado a su cliente que es el sector azucarero, que ha trabajado de manera sistemática y eficaz y muestra hoy resultados y, lo que es más importante, está en capacidad de mostrar muchos más. Se trata pues de una de las grandes fortalezas del sector y hoy, 22 años después de su creación, sus fundadores, sus directores y su personal pueden sentirse orgullosos por haberse convertido, sin duda alguna, en uno de los factores críticos de éxito para lo que debe ser el sector azucarero del siglo XXI.



Ricardo Villaveces Pardo
Presidente ASOCAÑA

...es contar cada día con más conocimiento sobre la zona geográfica y poder desarrollar paquetes tecnológicos especializados para cada microzona.

Es, en fin, contar con un centro de investigación que sin duda se ha convertido en uno de los factores críticos de éxito para lo que debe ser el sector azucarero del siglo XXI.



Informe del Director

The Director's Report

En este último año del milenio es oportuno reflexionar sobre el desarrollo tecnológico a largo plazo.

La caña de azúcar fue introducida a la actual región azucarera en 1538 ó 1541. Desde ese momento, todos los aspectos relacionados con la producción de azúcar han tenido un proceso de desarrollo tecnológico. Durante los tres primeros siglos los cambios tecnológicos no fueron significativos y los sistemas para procesar la caña y producir el azúcar o la panela eran rudimentarios.

Describir en detalle el desarrollo tecnológico a través de varios siglos es dispendioso y existen grandes lagunas en nuestro conocimiento sobre los procesos de producción de azúcar en los siglos pasados. Sin embargo, utilizamos un recuento de la historia de las diferentes variedades de caña de azúcar que han formado la base de la producción, para ilustrar cómo se ha acelerado el cambio tecnológico en las últimas décadas de este milenio y hacia dónde creemos que se dirige en el futuro. Al mismo tiempo, destacamos que la variedad en sí es sólo un componente de una tecnología polifacética y que ésta debe estar acompañada por tierras adecuadas y bien manejadas, con prácticas culturales apropiadas, sistemas de cosecha y transporte efectivos y todos los complejos procesos fabriles.

Durante más de dos siglos (1600 y 1700) la variedad original, la Criolla, dominaba el escenario azucarero. Al inicio del siglo XIX unos hacendados de apellidos y haciendas aún conocidos en el Valle del Cauca, como Francisco José Arboleda, de Japio; Manuel de Caycedo Tenorio, de Cañasgordas y Miguel Cabal del Llano, de Buga, importaron la variedad Otahití. Esta nueva variedad paulatinamente reemplazó a la variedad tradicional y mantuvo su posición dominante por más de un siglo hasta la introducción en 1929 de las primeras variedades comerciales resultantes de un programa de mejoramiento genético, las variedades POJ. La introducción de las POJ fue contemporánea con la visita al Valle del Cauca de la Misión Chardon de Puerto Rico, la cual estableció las pautas para modernizar la agricultura de la región a través de nuevas variedades y prácticas culturales mejoradas.



James H. Cock

In this last year of the millennium, it is opportune to reflect upon technological development over the long term. Sugarcane was introduced to the current sugar-growing region in 1538 or 1541. During the first three centuries, there were no significant technological changes, and the systems for processing the cane and producing sugar or panela¹ were rudimentary. Since that time, all aspects related to sugar production have undergone a process of technological development.

Describing this technological development in detail over various centuries is not only a massive task, but there are also large gaps in our knowledge about the sugar production processes in past centuries. Nevertheless, we will review the history of the different sugarcane varieties, which have constituted the cornerstone of production, in order to illustrate how technological change has accelerated in the last decades of this millennium and where we think it is going in the future. At the same time, we would like to point out that varieties are only one component of a multifaceted technology and that they should be accompanied by suitable, well-managed land, appropriate cultural practices, harvesting systems and effective transportation, as well as all the complex factory processes.

For more than two centuries (1600s and 1700s), the variety Criolla dominated the sugar scene. At the onset of the 19th century, some large landholders whose names and plantations are still well known in the Cauca Valley today —such as Francisco José Arboleda of Japio, Manuel de Caycedo Tenorio of Cañasgordas and Miguel Cabal of El Llano de Buga— imported the variety Otahiti. This new variety gradually replaced the traditional one and maintained its dominant position for more than a century until 1929 when the first commercial varieties resulting from a genetic improvement programme —the POJ varieties— were introduced. This occurred at the time of the visit of the Chardon Mission from Puerto Rico to the Cauca Valley, as a result of which the guidelines were established for modernising the region's agriculture through the use of new varieties and improved cultural practices.

1. Uncentrifuged sugar paddy similar to *gur*.

Utilizamos la historia de las variedades de caña, base de la producción, para ilustrar el cambio tecnológico en las últimas décadas de este milenio y hacia dónde creemos que se dirige en el futuro.

We use the history of the sugarcane varieties, the basis of production, in order to illustrate technological change in the last decades of this millennium and where we think it is going in the future.

La POJ 2878 dominó el panorama varietal hasta la década de los ochenta, cuando aumentaron las siembras con CP 57-603; esta variedad fue reemplazada rápidamente por la MZC 74-275, la primera variedad autóctona de gran importancia.

La POJ 2878, con su gran producción de caña, alto contenido de sacarosa y resistencia a enfermedades, fue adoptada por los ingenios y dominó el panorama hasta la década de los ochenta cuando ingenios y proveedores aumentaron las siembras de la variedad CP 57-603. Sin embargo, esta última no perduró debido a su susceptibilidad a la roya y el carbón, enfermedades nuevas en Colombia en ese entonces.

La CP 57-603 fue reemplazada rápidamente por la MZC 74-275, variedad producida por el Ingenio Mayagüez de un cruzamiento entre la POJ 2878 y la CP 57-603. Actualmente la MZC 74-275 está perdiendo importancia frente a nuevas variedades como la CC 85-92, la variedad más sembrada en este momento.

Así, la variedad original en Colombia, la Criolla, fue principal durante más de doscientos cincuenta años (c. 1540-1800), la Otahití aproximadamente ciento treinta años (c. 1800-1930), la POJ 2878 ha sido una variedad importante durante unos cincuenta años (c. 1930-1980) y las variedades modernas como CP 57-603 y MZC 74-275 parecen tener una vida útil de menos de veinte años.

Las primeras dos variedades de gran importancia en Colombia, la Criolla y la Otahití, provienen de selecciones hechas por agricultores del exterior a partir de materiales que ellos encontraron en sus propios campos. La POJ 2878 fue el resultado de un procedimiento científico planeado a largo plazo en Indonesia, para producir variedades nuevas. Colombia cosechó los frutos de esta labor dispendiosa al importar una variedad probada, seleccionada y cultivada en grandes extensiones en otros países. Luego, la CP 57-603 fue importada a Colombia como una línea experimental y fue seleccionada como variedad de gran utilidad en el país a pesar de no haber sido una variedad importante en ningún otro país azucarero. Después se cruzaron las dos mejores variedades hasta ese momento en la zona, la CP 57-603 y la POJ 2878, para obtener líneas específicamente adaptadas a nuestras condiciones; también se logró la primera variedad autóctona de gran importancia, la MZC 74-275. A pesar de su importancia como variedad, la MZC 74-275 nunca llegó a dominar el panorama varietal en la misma forma que variedades anteriores como la Criolla o la POJ 2878. Ahora, y en adelante, se espera la adopción de variedades producidas en el país, específicamente adaptadas a las condiciones donde serán sembradas, y es poco probable que una sola variedad vuelva a predominar como en siglos pasados.

Esta reseña sobre el progreso de las nuevas variedades resalta cómo el ritmo de cambio tecnológico en el sector ha crecido dramáticamente

POJ 2878, characterised by high cane production, high sucrose content and resistance to diseases, was adopted by the mills and dominated the scene until the decade of the eighties when the mills and purveyors increased their planting of var. CP 57-603. This latter variety did not last long, however, because of its susceptibility to rust and smut –new diseases in Colombia at that time.

CP 57-603 was rapidly replaced by var. MZC 74-275, produced by the Mayagüez Mill from a cross between POJ 2878 and CP 57-603. This variety is now gradually being displaced by new varieties such as CC 85-92, which is currently the most widely planted.

Thus variety Criolla was the mainstay of the sector for more than 250 years (ca. 1540-1800), Otahití for approximately 130 years (ca. 1800-1930), later POJ 2878 was an important variety for some 50 years (ca. 1930-1980), while the modern varieties such as CP 57-603 and MZC 74-275 appear to have had a useful life of less than 20 years.

The first two varieties of great importance in Colombia –Criolla and Otahití– come from selections made by farmers from abroad, based on materials that they had found in their own fields. On the other hand, POJ 2878 was the result of a long-term scientific procedure in Indonesia designed to produce new varieties. Colombia harvested the fruits of that laborious work when it imported a variety that had been tested, selected and cultivated on large extensions in other countries. Later CP 57-603 was imported to Colombia as an experimental line and was selected as a commercial variety in the country despite the fact that it was not of major importance in any other sugar-growing country. Afterwards the two best varieties in the zone at that moment (CP 57-603 and POJ 2878) were crossed in order to obtain lines specifically adapted to our conditions. The result was the first autochthonous variety grown on large area, MZC 74-275. Despite its importance as a variety, MZC 74-275 never dominated the varietal scene in the same way that earlier varieties such as Criolla or POJ 2878 did. Today and in the future, it is expected that varieties produced in the country, specifically adapted to the conditions where they will be planted, will be adopted; and it is unlikely that only one variety will ever predominate as in the past.

This summary of the progress of the new varieties highlights how the rhythm of technological change in the sector has increased dramatically

Variety POJ 2878 dominated the scene until the decade of the eighties, when the plantings of CP 57-603 increased; that varieties was rapidly replaced by var. MZC 74-275, the first autochthonous variety grown on an extensive area.

En los dos últimos años la productividad comercial con la variedad CC 85-92 ha sido de 1.15 toneladas de azúcar por hectárea por mes.

La estrategia para mejorar aún más es desarrollar, transferir y administrar tecnologías específicas por sitio.

con el paso del tiempo. Así mismo, de forma cada vez más acelerada se han adecuado las tierras, mejorado las prácticas culturales, instaurado sistemas de cosecha y transporte de mayor eficiencia y construido ingenios que hoy son capaces de producir más azúcar en un día que lo producido en un año en los trapiches iniciales con procesos manuales. Además, el sector ha evolucionado de buscar tecnología foránea para aplicar a las condiciones locales hacia, primero, buscar nuevas opciones autóctonas de aplicación universal en la región para mejorar la productividad y competitividad y, hacia el futuro, buscar tecnologías específicas diseñadas a la medida para cada sitio tomando en cuenta las diferentes condiciones enfrentadas por cada ingenio y proveedor.

Es probable que durante el período comprendido entre 1540 y 1900 el sector azucarero colombiano haya tenido una productividad inferior a 0.2 toneladas de azúcar por hectárea por mes (TAHM). Se estima que en 1929, cuando llegó la Misión Chardon, la productividad del sector era de 0.3 TAHM. En ese momento se hablaba de la posibilidad de llegar a 0.65 TAHM si se tecnificaba el cultivo y todos los procesos de elaboración de azúcar. Luego la productividad aumentó paulatinamente hasta llegar a niveles de 0.4 TAHM a finales de la década de los cincuenta. En el período 1960-1980 hubo un incremento dramático de la productividad basado en tecnología importada; a finales de la década de los setenta el ímpetu del crecimiento se estaba agotando en 0.65 TAHM. Fue entonces cuando el sector estableció CENICAÑA, su propio centro de investigación.

El Centro impulsó el desarrollo de tecnología autóctona y contribuyó a acelerar de nuevo el ritmo de aumento. Sin embargo otra vez, al final del milenio, la productividad se estaba estancando en aproximadamente 1.0 TAHM. A pesar de ser una de las productividades más altas del mundo, el sector requiere aumentar aún más sus niveles para ser competitivo en el futuro. En los dos últimos años la productividad de las suertes comerciales con la variedad CC 85-92 manejada con buenas prácticas de cultivo, sistemas de cosecha efectivos y fábricas eficientes ha sido de 1.15 TAHM en promedio, lo cual indica que todavía existen oportunidades para mejorar aún más la productividad. Sabemos que detrás de este nivel de productividad hay una gran variación y, por ende, una gran oportunidad de mejorar mediante el desarrollo y adopción de tecnologías que incrementen la productividad de las suertes y los procesos que actualmente están por debajo del promedio. El camino que se visualiza es desarrollar, transferir y administrar eficientemente tecnologías específicas por sitio.

over time. Likewise and in an ever-increasing fashion, the fields have been levelled and improved, the cultural practices refined, effective harvesting and transport systems installed and more efficient mills constructed, which today are capable of producing more sugar in one day than what was produced in one year in the first cane mills, using manual processes. Moreover, the sector has evolved from seeking foreign technology in order to apply it to local conditions towards exploring autochthonous options of universal application in the region in order to improve productivity and competitiveness. In the future, specific custom-designed technologies will be sought for each site, taking into account the different conditions faced by each mill and purveyor.

It is probable that during the period from 1540 to 1900, the Colombian sugar sector has had a productivity of less than 0.2 tons of sugar per hectare per month (TSHM). It is estimated that in 1929, when the Chardon Mission arrived, the productivity of the sector was 0.3 TSHM. At that time, the possibility of reaching 0.65 TSHM was considered feasible if the cultivation was technified, along with the processes for producing sugar. Then productivity increased gradually, reaching levels of 0.4 TSHM at the end of the decade of the fifties. During the period 1960-1980 there was a dramatic increase in productivity based on imported technology. At the end of the decade of the seventies, the productivity growth rate was levelling off with a production level of 0.65 TSHM. At that point, the sector established CENICAÑA, its own research centre.

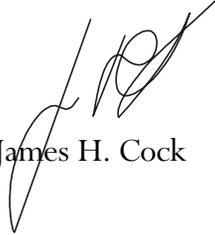
The Centre has promoted the development of autochthonous technology and contributed to the renewed acceleration of the rate of productivity growth. Towards the end of the millennium, however, productivity growth was once again stagnated at with a level of approximately 1.0 TSHM. Despite being one of the highest productivity rates in the world, the sector needs to increase these levels even more in order to be competitive in the future. In the last two years the productivity of the several thousand hectares of commercial lots planted with var. CC 85-92, with good cultural practices, effective harvesting systems and efficient factories has averaged 1.15 TSHM, which indicates that there are still opportunities for improving productivity. It is well known that average levels of productivity can mask extensive variation. Thus there is a great opportunity for improvement via the development and adoption of technologies that increase the productivity of the lots and the processes that are currently below average. The strategy that is foreseen is to develop, transfer and administer site specific technologies.

In the last two years the commercial productivity with variety CC 85-92 has averaged 1.15 tons of sugar per hectare per month.

The strategy to improve this average is to develop, transfer and manage site specific technologies.

El desarrollo de tecnologías específicas para múltiples situaciones diferentes requiere mejorar ostensiblemente la capacidad para capturar y procesar datos que se conviertan en información útil para entregar a los clientes finales. Con el desarrollo de la tecnología informática podemos pensar en elevar de nuevo la productividad para mantenernos competitivos utilizando tecnología específica por sitio. Así, utilizando los sistemas de información modernos, cada cultivador de caña podrá acceder a recomendaciones específicas para aplicar en suertes individuales.

The development of site specific technologies for multiple situations requires significant improvement in our capacity to capture and process data that can be converted into information that is useful for the end users. With the development of information technology, we can see the way to further increases productivity and maintain our competitiveness by using site-specific technology. Thus, with modern information systems, we envisage each cane grower accessing specific recommendations that can be applied in individual lots.



James H. Cock

Renuncia del doctor James H. Cock

al cargo de Director General de CENICAÑA

Al cierre de la presente edición nos sorprendimos con la renuncia del doctor James H. Cock a la dirección general del Centro, posición que venía desempeñando desde el primero de noviembre de 1990.

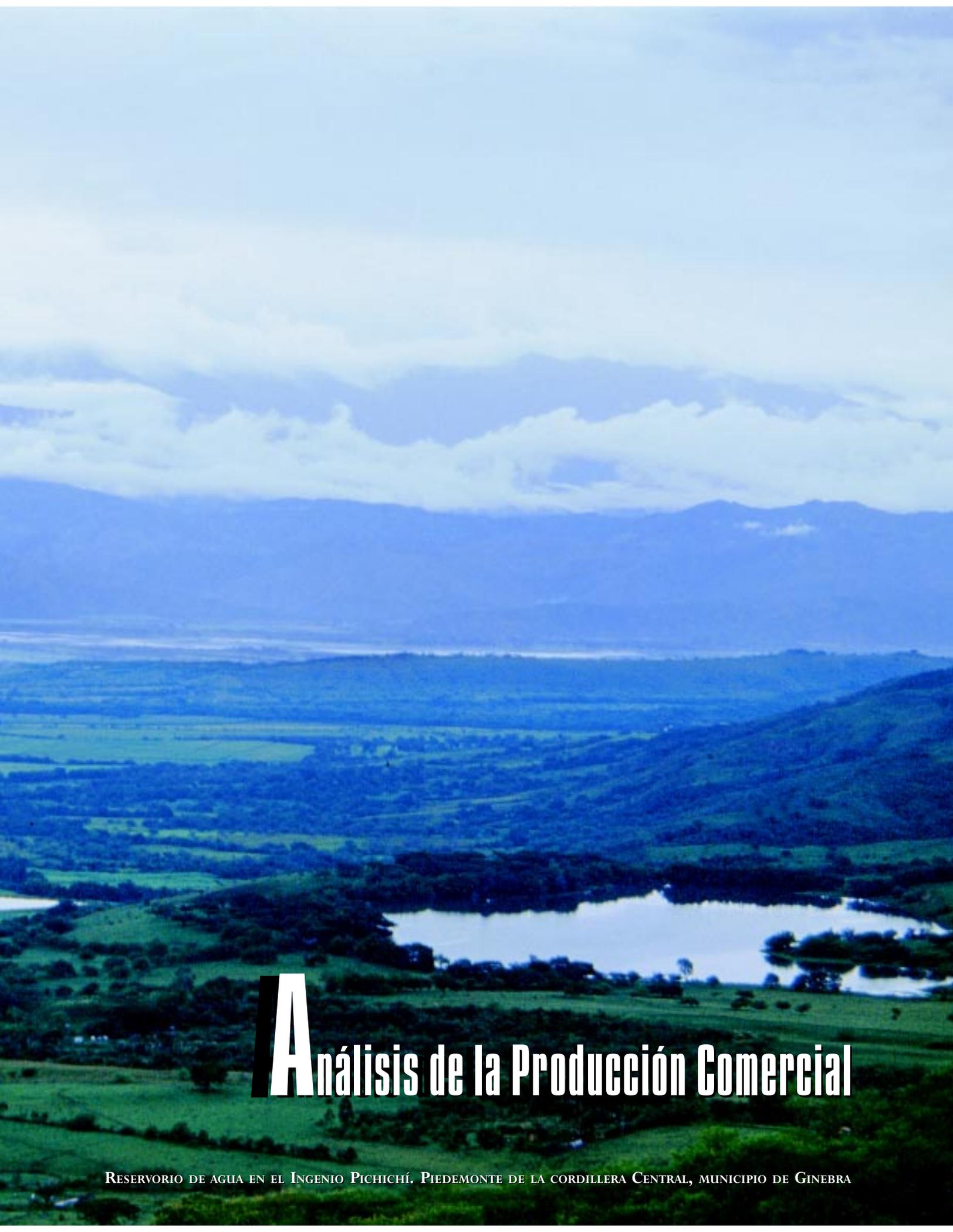
Quienes tuvimos el gusto de trabajar con su orientación sentimos el vacío de una persona que a sus dotes académicas unió las de un investigador entregado y comprometido con el desarrollo tecnológico de nuestra industria azucarera. Siempre tuvo interés por transmitir conocimientos, dinamismo, capacidad administrativa y afán por conocer y profundizar en los diferentes campos del conocimiento.

Sus planteamientos y contribuciones en eventos del mundo azucarero serán recordados porque mantuvo una posición destacada, clara y buscando que las propuestas se convirtieran en proyectos exitosos.

CENICAÑA desea hacer un reconocimiento al doctor Cock, destacando los hechos institucionales y tecnológicos que se produjeron durante su gestión en estos diez últimos años. Seguramente dejamos algunos logros por mencionar pero deseamos reafirmar nuestros agradecimientos por su brillante gestión.

Hechos institucionales

- Se definieron los grandes nortes del Centro, con el esquema de trabajo en equipo: macroproyectos Producción de Alta Sacarosa Estable, Caña Verde, Reducción de Pérdidas de Sacarosa, Modelos de Decisión y Mercadeo de Tecnología.
- Los ingenios y cañicultores incrementaron las contribuciones al Centro y éstas se liquidan sobre el 0.55% del valor de las ventas de azúcar en el mercado nacional e internacional. Además se acordó aumentar los aportes hasta el 0.7% a partir del año 1998. Adicionalmente, a través de la cofinanciación de proyectos, se obtuvo financiación externa equivalente al 10% del presupuesto de los tres últimos años.
- Creación y proyección del Programa de Investigación en Procesos de Fábrica.
- Transformación del Servicio de Análisis Económico y Estadístico en Programa de Investigación.
- Creación del Servicio de Tecnología Informática, que venía funcionando como área del Servicio de Análisis Económico y Estadístico.
- Fortalecimiento de la capacitación y comunicación interna en todos los niveles y educación básica para el personal de campo.

An aerial photograph of a large reservoir situated in a lush green valley. The water is calm and reflects the surrounding landscape. In the background, a range of mountains is visible under a sky filled with soft, white clouds. The overall scene is serene and natural.

Análisis de la Producción Comercial

RESERVORIO DE AGUA EN EL INGENIO PICHICHÍ. PIEDEMONTE DE LA CORDILLERA CENTRAL, MUNICIPIO DE GINEBRA

La productividad de la industria azucarera colombiana aumentó en 1999 con respecto al año anterior. Mientras las producciones de caña y azúcar crecieron, el área cosechada disminuyó: se cosecharon casi 6300 hectáreas menos que en 1998, se molieron 955 mil toneladas métricas de caña más y la producción de azúcar fue superior en 115 mil toneladas métricas valor crudo. En promedio, con 119 toneladas de caña por hectárea (TCH) y 11.4% de rendimiento en azúcar se obtuvieron 13.5 toneladas de azúcar por hectárea (TAH). En comparación con 1998 los incrementos fueron de 1.3 TAH, 10.3 TCH y 0.1 unidades porcentuales de rendimiento.

Este aumento de la productividad tuvo lugar a pesar de que el clima no fue el más favorable para producir caña ni para recuperar sacarosa, especialmente por efecto de la precipitación pluvial y la radiación solar. El clima durante 1999 en el valle del río Cauca estuvo influido por el fenómeno de La Niña; la precipitación acumulada fue 20% mayor que la del año anterior (Figura 1) y la radiación solar fue menor que la media multianual. La temperatura del aire fue relativamente baja (22.5°C en promedio, un grado menos que la media multianual), condición que pudo contribuir a favorecer el rendimiento en azúcar al disminuir el riesgo de deterioro de la caña cosechada.

Las cinco variedades de caña más representativas de 1999, distribuidas en el 80% del área total cosechada, fueron MZC 74-275, V71-51, CC 85-92, CC 84-75 y PR 61-632 (en orden de importancia según el área). La variedad de mayor productividad fue CC 85-92, con la cual se logró una ventaja de 2.2 TAH (44 quintales de azúcar) sobre la variedad más cosechada.

Las cañas se cosecharon de 13.32 meses de edad en promedio, 25 días mayores que el año anterior. El rango óptimo de maduración de las variedades sembradas actualmente se encuentra entre 13 y 14 meses de edad, lo cual indica un acierto al respecto en las decisiones de cosecha durante 1999. Los resultados de este año son un ejemplo perfecto de la oportunidad que tiene la agroindustria para aumentar las ganancias, siempre que continúe cosechando la caña en edades dentro del rango de máxima recuperación.



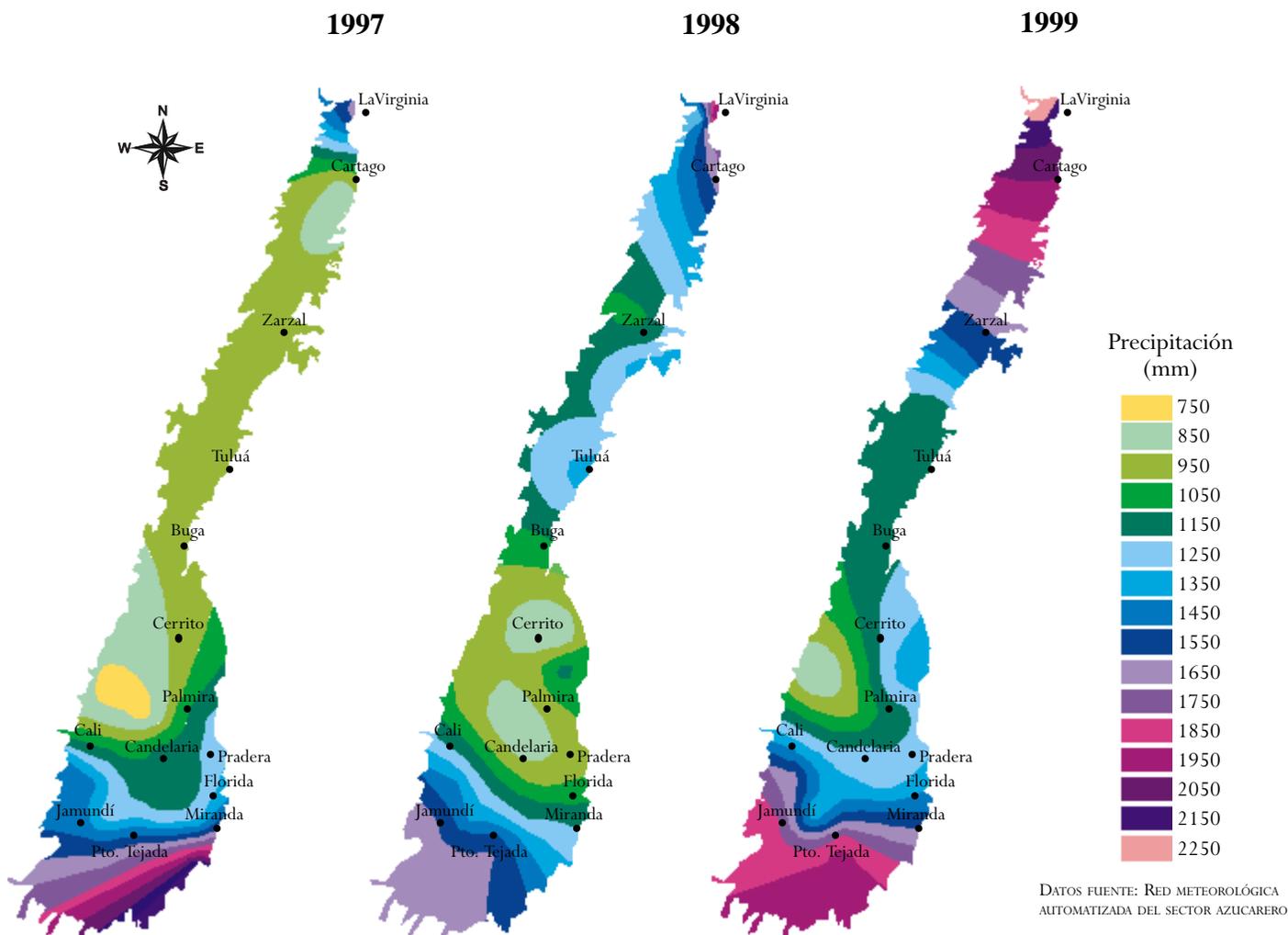


Figura 1. Variabilidad espacial y temporal de la precipitación pluvial (mm) en el valle del río Cauca entre 1997 y 1999.

Estas condiciones de maduración de la materia prima fueron aprovechadas por las fábricas no sólo en términos del tiempo efectivo invertido en la operación fabril sino, especialmente, en términos de la recuperación total de azúcar.

La eficiencia del tiempo de operación fue mayor en ocho meses de 1999 con respecto a los mismos de 1998, lo cual, en parte, explica el incremento de la cantidad de caña molida entre un año y otro. Sólo en abril la industria superó la tasa de molienda en 240 mil toneladas de caña con respecto al mismo mes del año anterior (Figura 2). El tiempo efectivo de molienda como un porcentaje del tiempo total fue mayor en 1999 debido a que se programaron más días hábiles de molienda y se disminuyeron los tiempos perdidos no programados en fábrica en relación con 1998.

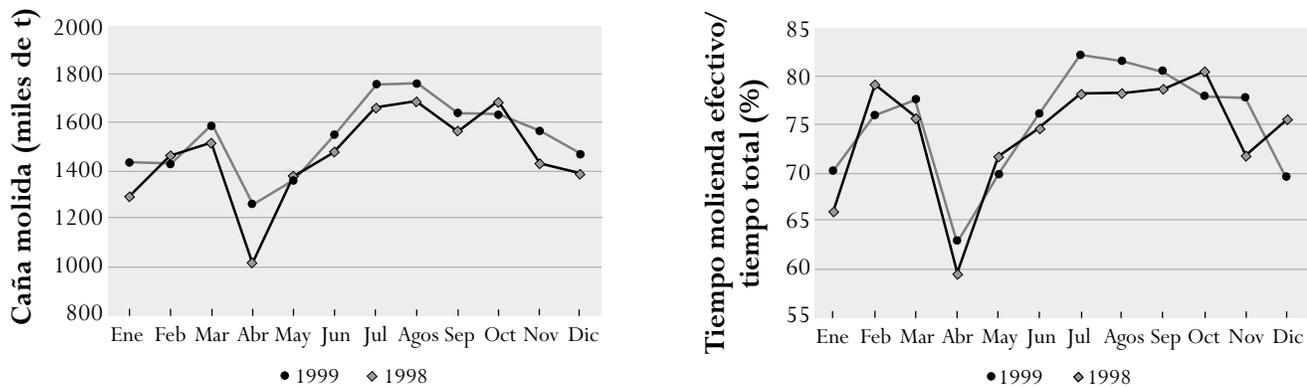


Figura 2. Toneladas de caña molidas y tiempo de molienda efectivo/tiempo total (promedio ponderado) en once ingenios azucareros. Colombia, 1998 y 1999.

Ante la ausencia de registros sobre la concentración de sacarosa de la caña en pie (en la mata) el análisis de la recuperación de azúcar se realiza con base en la determinación del contenido de sacarosa en la caña que entra a las fábricas, la cual incluye el contenido de materia extraña. Así, en relación con 1998, se molieron cañas más ricas en sacarosa durante seis meses y los jugos para elaboración fueron de mejor calidad durante todo el año, a pesar de haber cosechado en períodos de alta precipitación que inducen altos contenidos de materia extraña en la caña para molienda (Figura 3). Las diferencias se atribuyen fundamentalmente a la maduración de la caña. Durante siete meses la recuperación total de azúcar fue más alta que en el año precedente e igual en dos, a pesar de que la fibra en caña fue mayor debido a la edad de corte y a la materia extraña provocada por las lluvias durante la cosecha (Figuras 4 y 5).

Con respecto a los costos de producción de azúcar en 1999, las circunstancias sugieren que fueron altos pues cuando se procesa caña cosechada con condiciones de humedad alta en el suelo los costos de cosecha y fabricación aumentan sensiblemente. Esto se debe a menores eficiencias del corte manual y de las máquinas de alce, saque y transporte, así como a la mayor presencia de materia extraña en la caña por moler, la dificultad para manejar la tierra suspendida en los jugos y los mayores costos de mantenimiento de equipos, especialmente en las fábricas.

La mejora en recuperación de sacarosa en las fábricas colombianas es una tendencia de mediano plazo que entre enero de 1994 y diciembre de 1998 tuvo una tasa de crecimiento mensual de 0.055 unidades porcentuales (Figura 6).

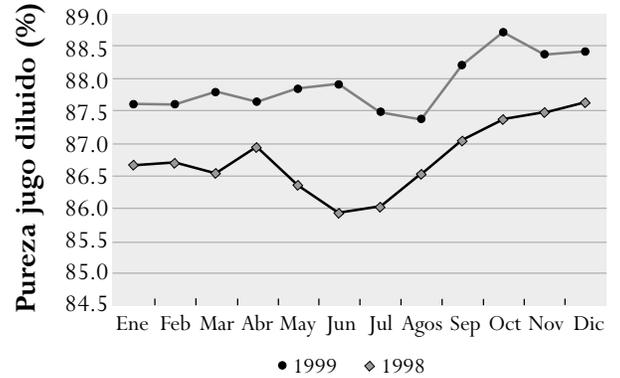
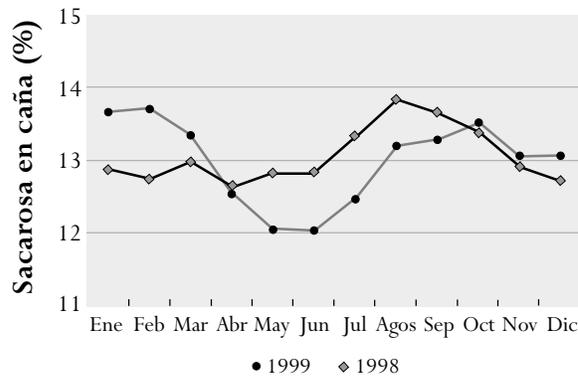


Figura 3. Sacarosa en caña determinada en la estación de molienda y pureza del jugo diluido en once ingenios azucareros (promedios ponderados). Colombia, 1998 y 1999.

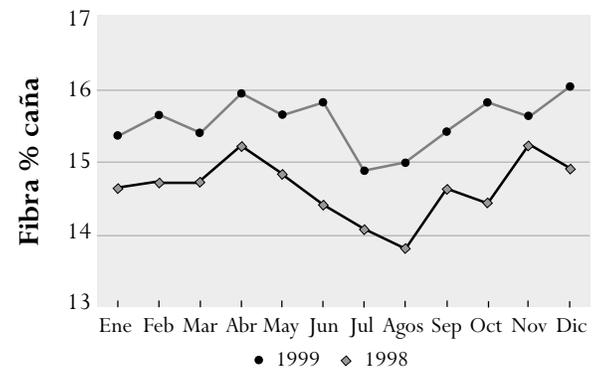
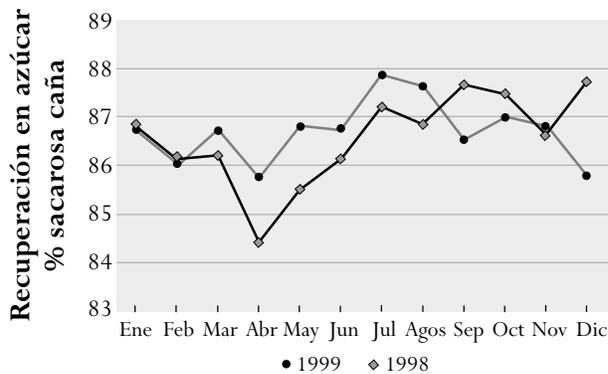


Figura 4. Recuperado en azúcar % sacarosa en caña (overall recovery: O.R.) en once ingenios azucareros (promedios ponderados). Colombia, 1998 y 1999.

Figura 5. Porcentaje de fibra en la caña molida por once ingenios azucareros (promedios ponderados). Colombia, 1998 y 1999.

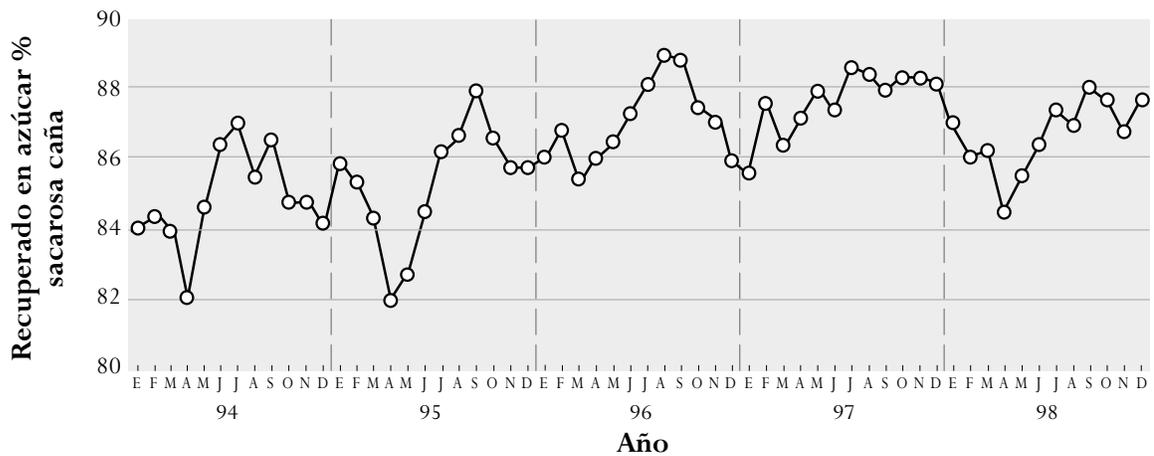


Figura 6. Recuperado en azúcar % sacarosa en caña (overall recovery: O.R.) en ocho ingenios azucareros (promedios ponderados). Colombia, enero de 1994 a diciembre de 1998.

Al analizar la recuperación de azúcar durante el período comprendido entre 1980 y 1999 se observa una tendencia a empacar 600 gramos más de azúcar al año por cada tonelada de caña molida. Los rendimientos son notablemente mejores en la década de los noventa, cuando la tasa de crecimiento fue de 340 gramos de azúcar por año (Figura 7). Sin embargo, las diferencias del rendimiento en azúcar entre ingenios (Figura 8) indican oportunidades para aumentar la productividad integral del sector. Además, mejorar cuando se llega a un nivel alto exige afinar tecnología. Desde finales de los setenta la agroindustria estuvo aprendiendo a manejar la caña cosechada con quema previa y el alce mecanizado; ahora aprendemos a manejar la caña verde, sin aumentar los costos de producción y sin perder los niveles de productividad logrados hasta ahora con caña quemada. En 1999 la caña se cosechó en verde en el 26% del área total cosechada y los residuos se manejaron sin quema en el 60%.

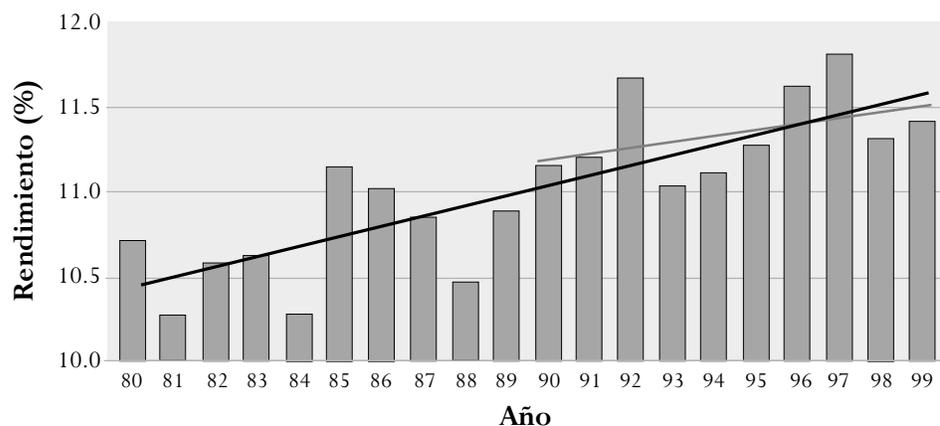


Figura 7. Evolución del rendimiento comercial en azúcar en once ingenios. Colombia, 1980 a 1999.

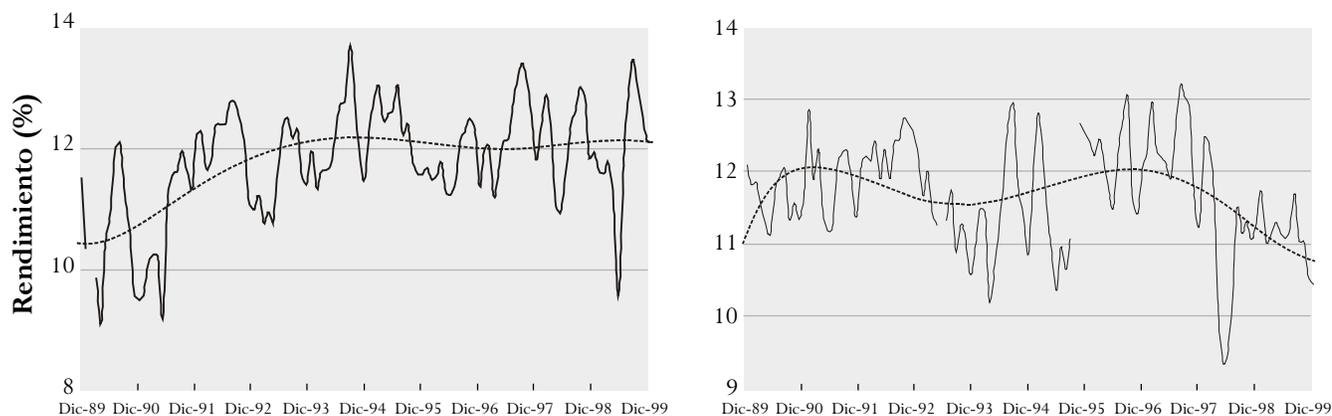


Figura 8. Evolución del rendimiento comercial en azúcar en dos ingenios. Colombia, 1989 a 1999.

Variedades de Caña de Azúcar

El año 1999 marca un momento especial en la historia de CENICAÑA: la variedad CC 85-92, resultado del programa de mejoramiento genético del Centro, es la más sembrada en los campos del valle del río Cauca y la más productiva de todas las cosechadas. Es la primera variedad CENICAÑA Colombia –CC– que llega ser número uno en términos de área sembrada. Comenzó a difundirse en la región azucarera en 1992 y desde 1996 es la más utilizada para la renovación de cultivos. En diciembre de 1999 los ingenios y proveedores la habían sembrado en 43,300 hectáreas, equivalentes al 23% del área con caña. La CC 85-92 ha sido adoptada por el 50% de los productores.

La variedad MZC 74-275, desarrollada por el Ingenio Mayagüez y cultivada intensamente en el valle durante once años, fue la segunda en área (21%), seguida por la V 71-51 (19%) (Figura 9). Las variedades CENICAÑA Colombia ocuparon el 38% del área y las VIC (variedades importadas y evaluadas por CENICAÑA), el 33%. En conjunto, las variedades desarrolladas e introducidas por el Centro dominaron el 71% del área sembrada con caña en el valle del río Cauca en 1999 (Figura 10).

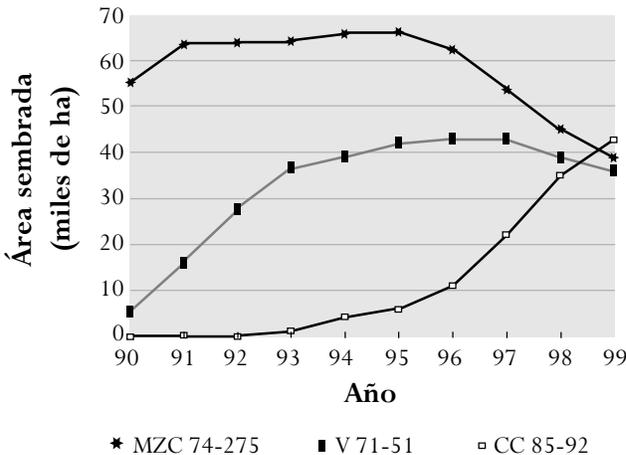


Figura 9. Difusión de tres variedades de caña de azúcar en el valle del río Cauca entre 1990 y 1999.

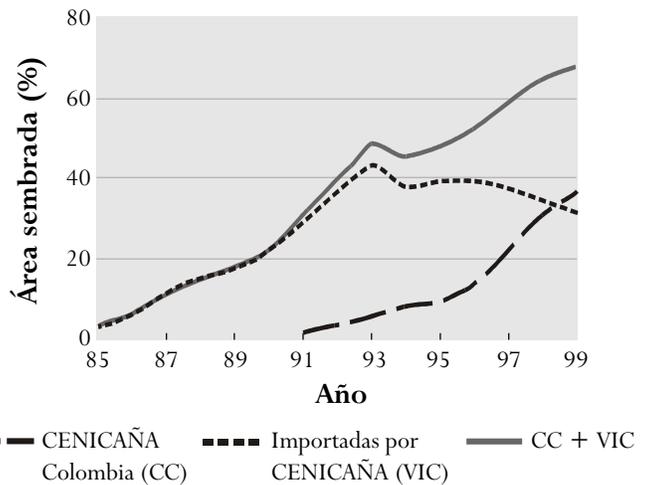


Figura 10. Participación de las variedades de caña de azúcar obtenidas y evaluadas por CENICAÑA en el área total sembrada para la producción de azúcar. Colombia, 1985 a 1999.

Este año, las variedades MZC 74-275 y V 71-51 continuaron siendo las más cosechadas por la industria. La CC 85-92, tercera en área cosechada, superó en 2.2 TAH a la MZC 74-275 a través de mayor producción de caña (21.4 t/ha más que MZC) y rendimiento ligeramente inferior (0.28 unidades porcentuales menos). Por lo reciente de su difusión, la CC 85-92 tiene un menor número de cortes en promedio. En 1999 se cosecharon 30,500 ha con la variedad, distribuidas en 3450 suertes. Aunque las comparaciones con promedios agregados no son las más adecuadas para el análisis, en el caso de la CC 85-92 se anota que el área cosechada corresponde en un alto porcentaje a tierras localizadas en el sur del valle donde históricamente la productividad ha sido relativamente baja (Figura 11).

El análisis desagregado muestra que la CC 85-92 superó en productividad a la variedad más cosechada por cada ingenio (Cuadro 1), lo cual indica que puede adaptarse a condiciones diversas. Lo anterior es una evidencia de la importancia y el impacto de este cambio varietal en los resultados globales de productividad durante el último año.

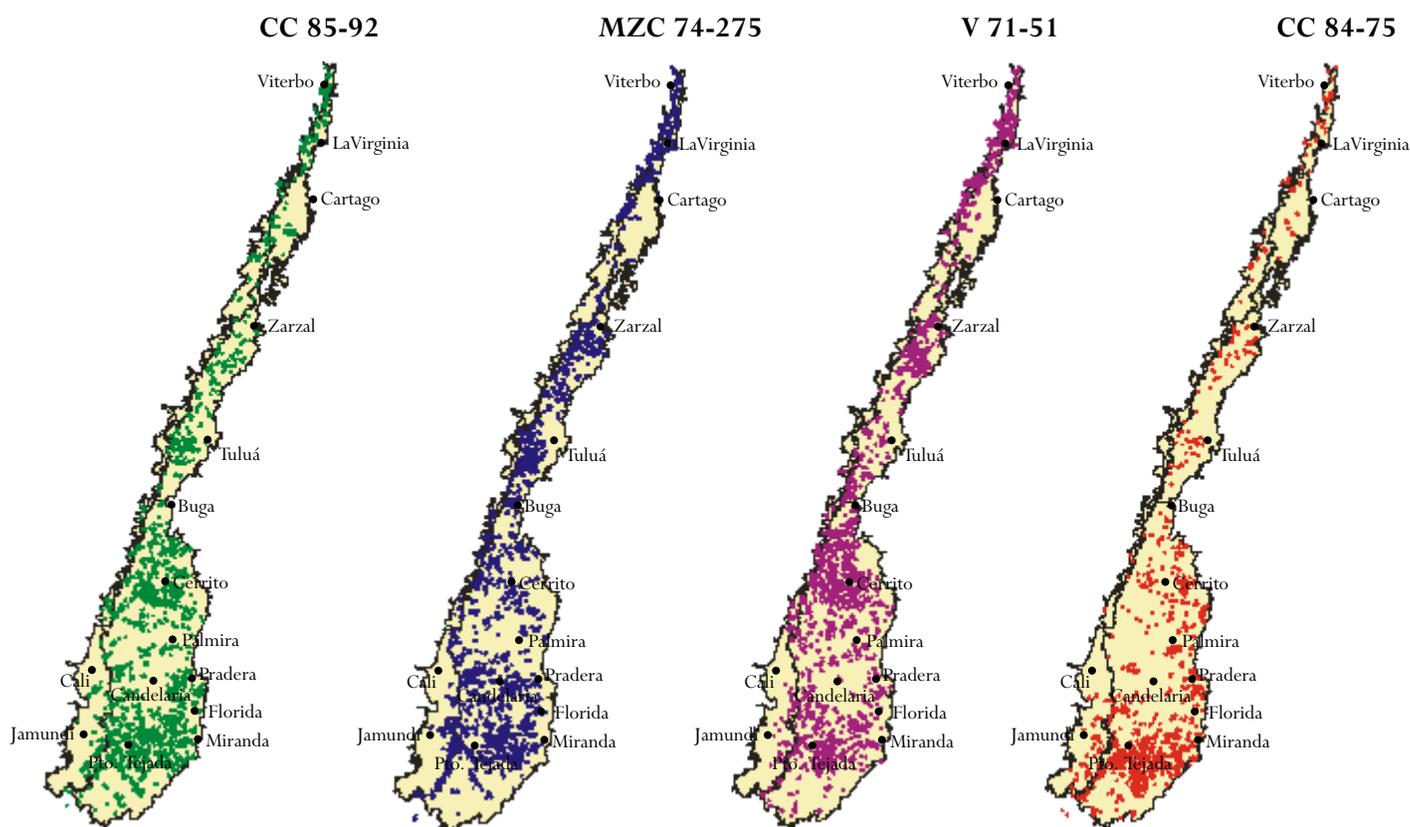


Figura 11. Distribución espacial de las cuatro variedades de caña más cosechadas en 1999 para la producción de azúcar en el valle del río Cauca.

Cuadro 1. Diferencias en productividad de azúcar por hectárea de la CC 85-92 con respecto a la variedad más cosechada, por ingenio. 1999.

Ingenio azucarero	Diferencia en TAH entre CC 85-92 y la variedad más cosechada
1	1.75
2	2.37
3	1.73
4	2.57
5	Pocos datos
6	1.51
7	2.52
8	4.25
9	2.82
10	Es la más cosechada
11	1.90

Evolución de la Agroindustria

El sendero de desarrollo de la productividad seguido por la industria azucarera colombiana durante la década de los noventa se ha caracterizado por progresos (períodos 1990 a 92 y 1995 a 97) y retrocesos (1992 a 95 y 1997 a 98), estos últimos especialmente marcados y costosos. En 1999, luego de cuatro años con niveles inferiores a 13 TAH, la agroindustria produjo 13.5 TAH (Figura 12). El sendero ideal sería una línea en diagonal que señale incrementos en la producción de azúcar cimentados en mayor producción de caña en el campo y mayor recuperación de azúcar en la fábrica, como ocurrió entre 1990 y 1992. Otro sendero aceptable y muy favorable en costos de transporte, molienda y elaboración sería mantener estable la producción de caña por hectárea y aumentar el rendimiento en azúcar, como pasó entre 1995 y 1997.

Sin embargo, para evolucionar por senderos más productivos y rentables es necesario, primero, caracterizar los factores que determinan los niveles de los indicadores específicos y, segundo, entender cómo esos factores influyen en los resultados finales. Este conocimiento, que necesariamente da nociones sobre la dinámica espacial y temporal de los factores y sobre las relaciones entre un resultado y otro, debe fundamentar los criterios de las decisiones productivas en concordancia con las oportunidades de mercado de los productos obtenidos.

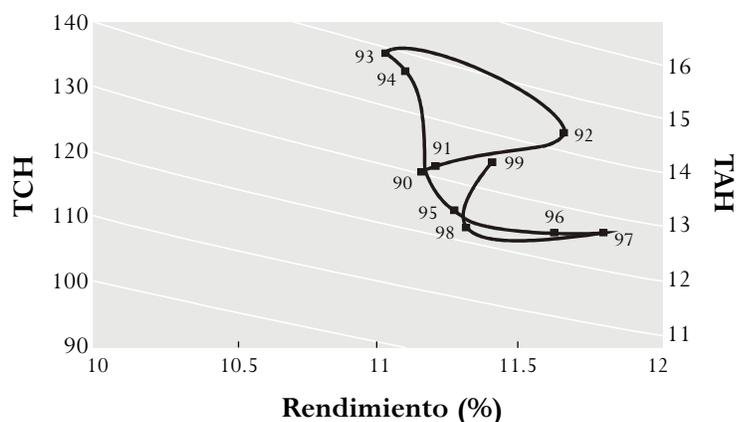


Figura 12. Evolución de la productividad en la industria azucarera de Colombia entre 1990 y 1999.

Al mirar las toneladas de azúcar producidas por hectárea y por mes (TAHM) en una serie larga de valores mensuales, se observan ciclos y una marcada estacionalidad (Figura 13). Ésta es una variable compleja que resulta de combinar tres variables fundamentales: toneladas de caña por hectárea, rendimiento fabril (porcentaje de azúcar recuperado por tonelada de caña molida) y edad de cosecha de la caña. Así, en cada valor de TAHM se combinan variables que dependen, a su vez, de otras variables y condiciones. El clima, para citar sólo un ejemplo, afecta directamente el crecimiento de la caña y su capacidad de acumular sacarosa; al mismo tiempo influye en las decisiones de cultivo y cosecha y en la eficiencia de operación y efecto de las mismas, no sólo en el propio cultivo y en el procesamiento fabril sino, principalmente, en la calidad de la caña y el azúcar y, por supuesto, en la rentabilidad del negocio.

Colombia es uno de los países de mayor productividad de caña en el mundo. Así mismo, los ingenios azucareros son eficientes en las comparaciones internacionales (Figura 14); en 1999, según los estándares mundiales, la recuperación fue aceptable incluso en el mes de valores más bajos. Esto no significa que en épocas lluviosas las operaciones de cosecha y fábrica sean eficientes en costos. La hipótesis es que cosechar cañas ricas en sacarosa en momentos de alta humedad en el suelo induce efectos de dilución en la concentración de sacarosa y pérdidas de ésta en las etapas de molienda y elaboración debido a los contenidos de materia extraña.

Si el rendimiento fabril depende del contenido de sacarosa en la caña entrando a fábrica y de la recuperación que de ella se logra en el proceso industrial, entonces, con fábricas eficientes, la calidad de la materia prima se convierte en un factor crítico para consolidar la productividad y la rentabilidad de ingenios y proveedores.

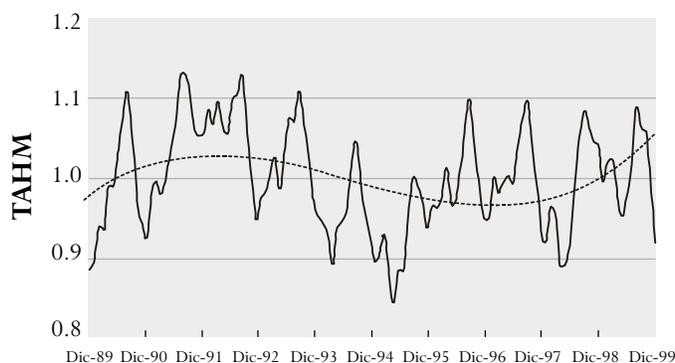


Figura 13. Evolución de las toneladas de azúcar por hectárea-mes (TAHM) según mes de cosecha. Colombia, 1989 a 1999.

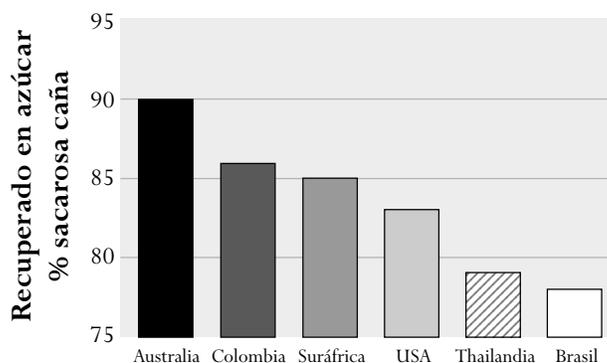


Figura 14. Recuperación total de azúcar de caña en cinco países durante los primeros años de la década de los noventa.

FUENTE: LANDELL MILLS

Pero la calidad de la caña no depende sólo de las circunstancias de levantamiento del cultivo. La calidad de la caña está determinada también por las decisiones de cosecha (corte, alce y transporte), especialmente en relación con la edad de la caña al corte, las condiciones climáticas en que se realizan las labores y el tiempo transcurrido entre corte y molienda. Finalmente, si aceptamos que el clima es una variable difícilmente controlable que tiene un efecto directo en la calidad de la materia prima y también aceptamos que la operación industrial es un proceso más controlable, sobre el cual se puede tener más intervención, la agroindustria podría orientar sus estrategias en dos sentidos convergentes:

El primero, dirigido a aumentar el contenido de sacarosa en la caña que llega a molienda. Para ello se requieren: (a) variedades sembradas en los sitios apropiados y con un manejo específico para que puedan desarrollar su potencial productivo; (b) decisiones de cosecha basadas en la maduración de la caña (edades de máxima recuperación) y en las condiciones de clima y (c) uso de metodologías precisas de determinación de la sacarosa en la mata y en otros puntos clave, que ayuden a tasar adecuadamente las pérdidas y ganancias de valor del producto entre un proceso y otro.

El segundo camino debe llevar a la planificación prospectiva de la molienda (que puede ser anual) con base en las oportunidades del mercado azucarero y tomando en consideración la productividad esperada del campo. A los programas sistemáticos de inteligencia de mercados se debe sumar el conocimiento del clima regional (espacial y temporal) para predecir su efecto sobre el crecimiento y la maduración de la caña. Actualmente se cuenta con datos históricos de clima pero éstos no se han procesado con el detalle requerido; tampoco se ha avanzado lo suficiente en relacionar la respuesta del cultivo con el clima.

La productividad de la caña en el campo afecta la relación entre la tasa de molienda y el área disponible para el cultivo. A su vez la productividad agrícola depende, en gran medida, de la edad de la caña al corte. Las relaciones se pueden observar en la Figura 15, aunque la falta de información sobre los efectos del clima en cada año y la certeza sobre los criterios de decisión en los ingenios limitan enormemente las posibilidades de explicar con buen nivel de confianza la dinámica de las variables.

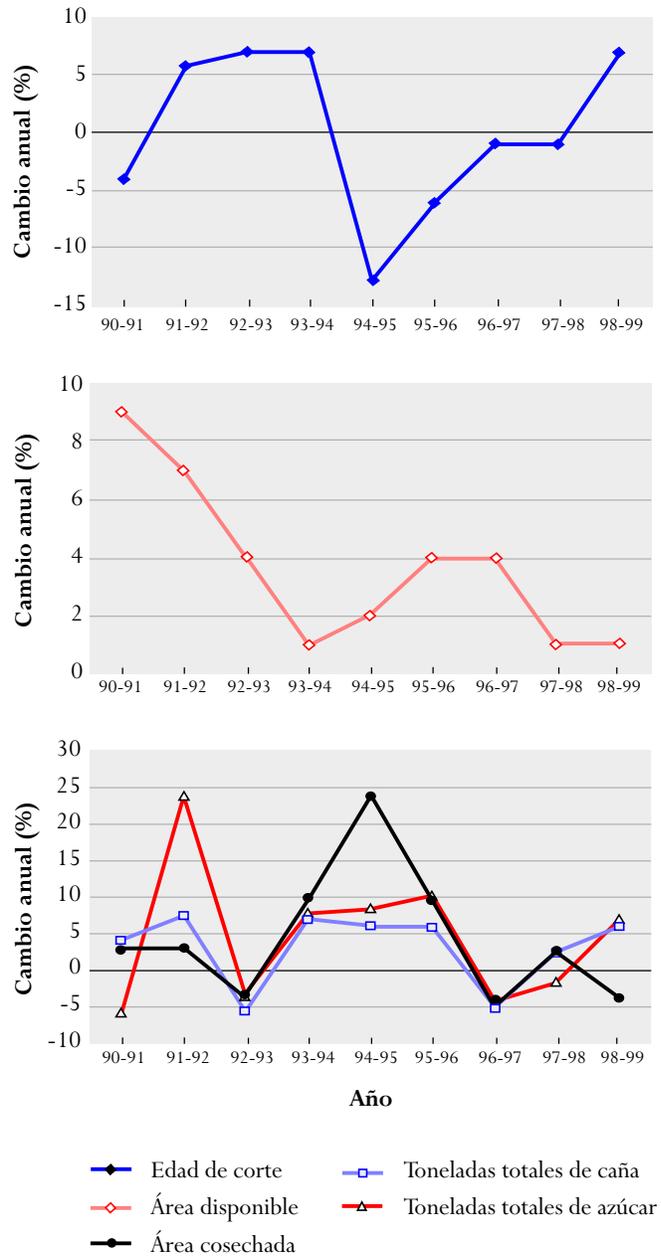


Figura 15. Cambio anual de cinco variables clave de operación en la industria azucarera. Colombia, 1990 a 1999.

Lo cierto es que las decisiones del pasado determinan los resultados presentes y, de igual forma, las decisiones presentes circunscriben los resultados futuros. Con este principio, la táctica más sensata consiste en establecer ciclos de cultivo que aseguren el control de las edades de cosecha según la productividad esperada en los diferentes sitios (usando la tecnología y el conocimiento disponibles) y flexibilizar la tasa de molienda para operar de acuerdo con la calidad de la caña que puede proveer el campo.

El examen de los ajustes requeridos en cada ingenio con una decisión como ésta hace intuir, de primera mano, un decrecimiento del área disponible para el cultivo y el fin de la expansión en este sentido (Cuadro 2, Figuras 16 y 17).

Sin embargo, el detalle sobre el manejo de las diferentes variables debe resultar de un análisis concienzudo acerca del presente y el futuro del desarrollo productivo en la región. Las propuestas planteadas en 1999 por los ingenios y los cultivadores desde las agremiaciones más representativas del sector azucarero han sido claras en identificar las ventajas competitivas de la región para expandir la estructura actual hacia el establecimiento de una industria agrícola dedicada a la producción y comercialización de servicios y alimentos de valor agregado que incorporen la caña o el azúcar como materia prima. También se ha propuesto diversificar la producción agrícola.

La iniciativa exige fortalecer el diálogo y la confianza entre las partes interesadas para construir una visión compartida de largo plazo, la cual debe conducir a un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y a la apertura de mercados específicos ya sea mediante la integración vertical o a través de alianzas estratégicas con sectores distintos al azucarero. Ahora, cualesquiera que sean las decisiones concertadas, lo importante es que éstas tengan sus bases en el análisis del presente y en las probabilidades reales de alcanzar el futuro deseado. En este sentido, la comunicación directa y el análisis integral, explícito y compartido del sector como un todo son parte fundamental de las tareas inmediatas.

Cuadro 2. Diferencias en el área disponible para el cultivo entre 1998 y 1999, por ingenio.

Ingenio azucarero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Diferencia área disponible (ha)*	713	288	-144	380	45	561	16	-60	-19	-116	-39

* El área disponible incluye el área sembrada, el área en renovación y aquella con cultivos de pancoger en suertes de caña.

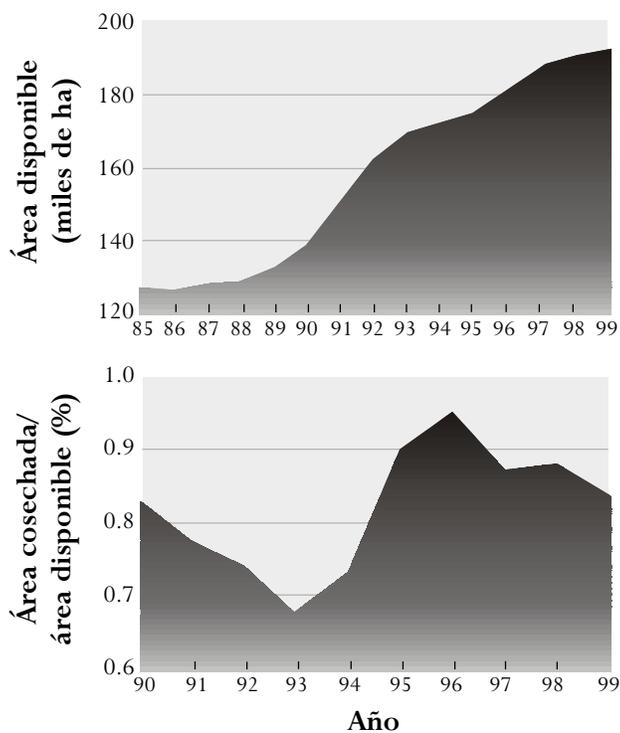


Figura 16. Área disponible para el cultivo de la caña (entre 1985 y 1999) y su relación con el área cosechada para la producción de azúcar (entre 1990 y 1999). Colombia.

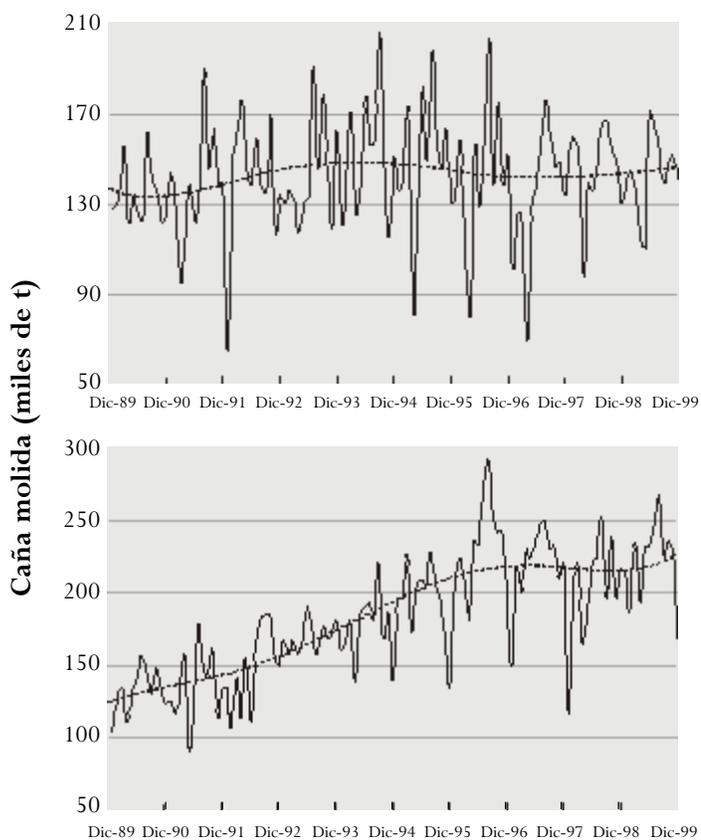


Figura 17. Evolución de las toneladas de caña molidas en dos ingenios azucareros. Colombia, 1990 a 1999.

Hechos tecnológicos

- En 1999 la variedad CC 85-92 llegó a ser la primera en la industria en área sembrada y productividad. Se obtuvo el registro de obtentor de las variedades CC 85-92, CC 84-75 y CC 85-68.
- Se mantuvo la sanidad de los cultivos gracias a la detección oportuna de enfermedades y plagas, el desarrollo de técnicas de diagnóstico y la divulgación de sistemas de control.
- Se desarrollaron técnicas moleculares para el diagnóstico de enfermedades.
- Comenzaron los trabajos de desarrollo e implantación de técnicas para transformación genética en caña de azúcar, con resultados satisfactorios.
- Desarrollo del Cenirrómetro como un programador visual de los riegos.
- Desarrollo y divulgación del método de riego por surco alterno como una opción comercial.
- Diseño y adopción del subsolador Cenitándem.
- Investigación e impulso de la labranza reducida para renovación del cultivo.
- Avances en el manejo de la fertilización y el uso de maduradores químicos.
- Avances en la estandarización de los sistemas de medición en las fábricas y apoyo a los ingenios en el mejoramiento de la eficiencia fabril.
- Establecimiento de una metodología para determinar la eficiencia de la producción y uso de energía en las fábricas y la utilización de los residuos de cosecha para generar energía.
- Desarrollo de nuevos procedimientos analíticos más eficientes y rápidos.
- Desarrollo de metodologías de costeo en fábrica, campo y cosecha y costeo de maquinaria.
- Avances en el desarrollo de sistemas de información y modelos de decisión para el manejo de caña específico por sitio.
- Archivos de datos de variedades y resultados de producción comercial de todas las suertes cosechadas por la industria entre 1990 y 1999.
- Trabajos sobre estimación de materia extraña y tiempos de permanencia que han contribuido a mejorar el rendimiento de azúcar y la eficiencia del sector.
- Instalación, puesta en marcha y administración de la red meteorológica automatizada del sector azucarero.
- Incorporación de conceptos técnicos meteorológicos y geográficos para la reglamentación de las quemas de caña en el sector azucarero y eliminación de las molestias a la población.
- Uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para localizar y analizar la información del sector.
- Base de datos bibliográfica e información de CENICAÑA en Internet.
- Mejor conocimiento sobre los usuarios de la tecnología y sus necesidades específicas.
- Establecimiento de fincas piloto como mecanismo participativo para validar y transferir la nueva tecnología.
- La divulgación y el énfasis sobre la adopción de los resultados de investigación se mantuvieron como prioridad del Centro.



Producción de Alta Sacarosa Estable

PROCESO PARTICIPATIVO DE SELECCIÓN DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR



Misión

Mejorar la productividad y la rentabilidad de la industria azucarera por medio de mejores contenidos de sacarosa, con menor variabilidad, y estabilidad de la producción de caña a través de los cortes.

Estrategia

Para asegurar la producción de sacarosa alta y estable es necesario identificar el conjunto de componentes tecnológicos que garantizan la estabilidad. Estos componentes varían según las condiciones ambientales en el tiempo y el espacio. La base de este conjunto es la selección de variedades de caña de azúcar con adaptación a condiciones específicas y el conocimiento de su manejo agronómico.

La estrategia se fundamenta en caracterizar las condiciones ambientales o zonas agroecológicas donde el cultivo presenta respuestas relativamente homogéneas, seleccionar variedades específicas para los diferentes sitios y desarrollar tecnologías de manejo del cultivo de acuerdo con las limitaciones en productividad y la representatividad del área sembrada. La estrategia se conduce en un marco de trabajo multidisciplinario e interinstitucional en el cual participan ingenios, cultivadores, CENICAÑA, otras instituciones y redes específicas. La investigación conjunta y participativa contribuye a desarrollar soluciones integradas más próximas a la complejidad dinámica de la producción, al tiempo que mejora la transferencia de tecnología.

El nivel de detalle de la zonificación varía según el propósito. Para la selección de variedades se buscan agrupaciones amplias que incluyan varias zonas agroecológicas con algunas características biofísicas similares o respuesta similar en producción de caña y azúcar. Las variedades desarrolladas para la agrupación macro se evalúan en zonas específicas para identificar la variedad de mejor adaptación en cada sitio. Así, tres o cuatro agrupaciones amplias pueden ser suficientes para hacer la selección de variedades desde el estado de plántulas hasta la evaluación regional. Actualmente, CENICAÑA tiene establecidos tres sitios de selección que se enmarcan en agrupaciones amplias (zonas húmedas, semisecas y piedemonte).

El costo de desarrollar variedades específicas para un gran número de sitios y en todas las zonas agroecológicas posibles sería prohibitivo en términos económicos. Mientras en el caso de algunas prácticas, por

ejemplo la fertilización, es posible hacer recomendaciones para áreas específicas a partir de lo cual se genera una zonificación más detallada.

Productos esperados

- Variedades adaptadas a condiciones específicas con poca variabilidad en sacarosa y estables en producción de caña.
- Caracterización de zonas agroecológicas para selección de variedades y desarrollo de tecnologías de manejo del cultivo.
- Paquete tecnológico que incluye la variedad, su ubicación, el manejo agronómico más acorde para cada zona agroecológica y el manejo integrado de enfermedades y plagas.

Variedades con poca Variabilidad en Sacarosa y Estables en Producción

En 1998 un grupo de investigadores extranjeros visitó CENICAÑA para analizar los logros y proyecciones del programa de investigación en variedades mejoradas. El concepto de los revisores fue positivo e incluyó algunas sugerencias, las cuales se han incorporado y han contribuido a mejorar aspectos básicos de la selección de variedades.

Así, por ejemplo, durante este año se aumentó el número de cruzamientos como resultado de inducir la floración en variedades que nunca habían florecido. De esta manera se amplía la base genética para iniciar la selección de nuevas variedades y lograr mayores avances.

Se ajustaron las metodologías de selección para asegurar que los resultados experimentales concuerden mejor con la producción comercial. Por ejemplo, los estados finales de selección se siembran en parcelas con franjas de surcos que van de un extremo a otro del tablón (120-150 m), las cuales se aproximan más a las prácticas comerciales; actualmente los usuarios de las futuras variedades participan directamente en el proceso de selección. Con estos cambios, durante el último año se seleccionaron clones sobresalientes en cada sitio.

Las mejoras en el sistema de selección contribuyen a aumentar la velocidad de adopción de variedades más productivas en sitios específicos. La validez del sistema se comprueba con los resultados comerciales. Las variedades seleccionadas o producidas por CENICAÑA están sembradas en el 71% del área cultivada con caña de azúcar en el valle del río Cauca, un poco más que 135 mil hectáreas.

Las metodologías de selección de variedades se han ajustado para asegurar que los resultados experimentales concuerden mejor con la producción comercial.

Este año, las variedades evaluadas y producidas por CENICAÑA estaban sembradas en el 71% del área con caña en el valle.

La **CC 85-92** es la variedad más sembrada y al finalizar 1999 se encontraba en 43,300 hectáreas. De acuerdo con los datos suministrados por ingenios y cultivadores, durante los cuatro últimos años esta variedad ha superado en aproximadamente 0.15 TAHM la productividad de la variedad sembrada antes de la renovación, promedio que ha sido consistente y que equivale a más de 1 TAH-año (Figura 18).

La variedad **CC 84-75** está sembrada en 19,350 ha, con mayor adaptación en zonas de piedemonte y suelos arcillosos de difícil drenaje.

La variedad **CC 87-434** tiene un área sembrada de 4,700 ha y presenta adaptación en zonas húmedas. Los rendimientos en azúcar y la producción de caña han sido favorables y aunque la variedad tiende a volcarse no se han observado efectos negativos en el rendimiento. Esta característica tampoco ha afectado la eficiencia del corte manual pues los tallos se mantienen reclinados unos sobre otros sin entrecruzarse de manera excesiva.

La **CC 89-2000** es una variedad con características deseables para la cosecha en verde que se destaca por ser erecta, de buen deshoje natural y tener producción de caña y concentración de sacarosa adecuadas. En plantaciones comerciales localizadas en zonas húmedas de relativamente buen drenaje en los ingenios Risaralda y Sancarlos, con la CC 89-2000 se han obtenido rendimientos mayores que con las demás variedades cosechadas y producciones de caña en plantilla similares (ver Caña Verde).

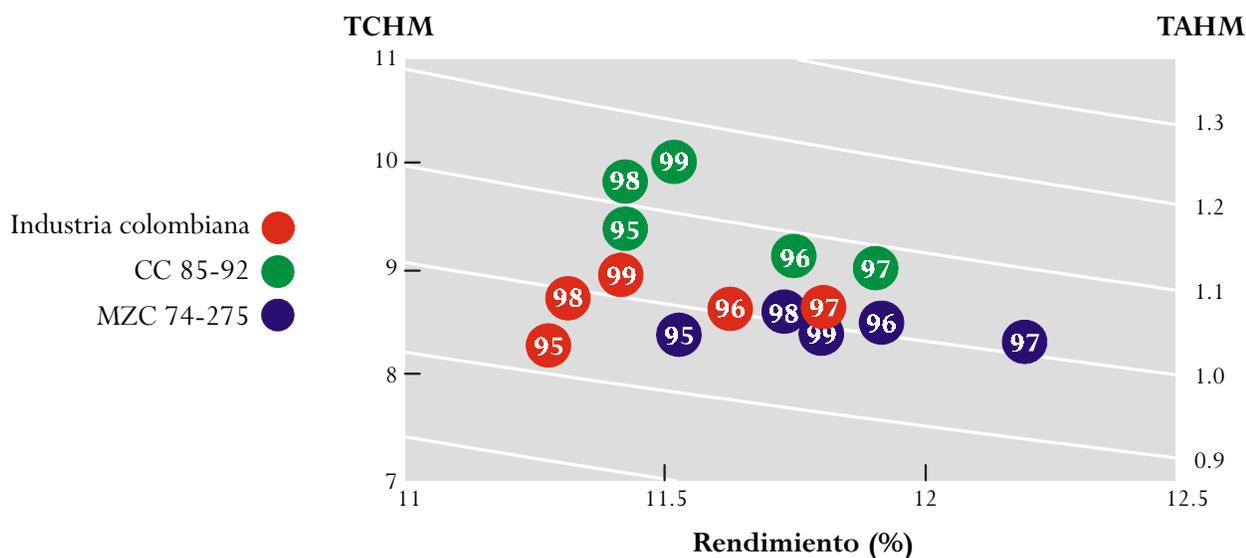


Figura 18. Isoproductividad de la industria azucarera colombiana (color rojo) y de las variedades CC 85-92 (verde) y MZC 74-275 (azul) entre 1995 y 1999. El número dentro del círculo indica el año en que se presentó el respectivo valor (promedios).

La determinación del contenido de sacarosa en la caña es un requisito indispensable para seleccionar nuevas variedades, establecer mejores prácticas de manejo del cultivo y programar la cosecha al nivel comercial. Durante 1999 CENICAÑA desarrolló una nueva metodología para determinación de sacarosa (% caña) en la mata que es precisa, ágil y práctica y en gran escala puede ser menos costosa que el sistema convencional. La metodología se basa en pequeñas submuestras tomadas de los tallos, las cuales se desfibran para luego ser analizadas mediante análisis directo vía húmeda o con el sistema NIR (espectroscopía de infrarrojo cercano, sigla en inglés). Su contribución en la selección de variedades es de gran importancia, si se tiene en cuenta que es más difícil mejorar la concentración de sacarosa que la producción de caña y que pequeños avances en el mejoramiento por contenido de sacarosa identificados con una metodología precisa contribuyen significativamente a la rentabilidad de la producción de azúcar.

La posibilidad de utilizar la biotecnología para insertar nuevos genes en la caña ofrece perspectivas de mayores avances en la selección de variedades y el diagnóstico de enfermedades, entre otros. En colaboración con el Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT se logró la transformación genética de cañas producidas originalmente en CENICAÑA, hecho que abre la posibilidad de incorporar genes específicos en variedades adaptadas a nuestras condiciones.

Año tras año los derechos intelectuales han crecido en importancia y su regulación y control han mejorado, especialmente en el caso de derechos de obtentor sobre nuevas variedades vegetales. A finales de 1998 se aprobó en Colombia la ley que respalda el derecho de protección de las variedades. CENICAÑA presentó al Instituto Colombiano Agropecuario - ICA la solicitud correspondiente para las variedades CC 85-92, CC 84-75 y CC 85-68 y de acuerdo con la legislación tiene derechos sobre ellas. Así mismo, el proceso se está realizando en países donde potencialmente se pueden cultivar las variedades del Centro a escala comercial.



Determinación de sacarosa en caña

Cizalla de doble cuchilla (sacabocado) para extraer los discos de caña.



Discos de caña.



Minidesfibrador que deja la muestra lista para el análisis.



Determinación de sacarosa con NIR.

Caracterización de Zonas Agroecológicas

Para mejorar la productividad es necesario tener tecnología ajustada a las diferentes condiciones que enfrenta el cultivador. La caracterización de zonas agroecológicas se realiza para ubicar mejor los experimentos, facilitar la selección de variedades y disponer de mejores criterios para el manejo agronómico del cultivo. Actualmente, la localización de los sitios de selección y pruebas regionales se realiza a partir de la zonificación basada en el balance hídrico y los grupos de manejo de suelos.

Al usar la respuesta del cultivo para definir la zonificación agroecológica es necesario tener información comparable en términos de variedades, edades, cortes. La información comercial presenta heterogeneidad respecto a los factores mencionados. Sin embargo, es posible aprovecharla con el uso de una metodología de normalización, la cual fue desarrollada y utilizada para analizar la información comercial del año 1998 (4).

A partir del isobalance hídrico y los grupos de suelos se definen básicamente tres grupos principales de zonas agroecológicas que orientan la ubicación de los sitios de selección de variedades y 47 zonas que orientan el agrupamiento de suertes homogéneas con miras a un manejo específico por sitio.

Desarrollo del Paquete Tecnológico

El paquete tecnológico comprende la caracterización de las mejores prácticas agronómicas para las variedades en la zona donde mejor se adapten. Las aplicaciones de fertilizantes y maduradores son algunas de las prácticas más importantes acerca de las cuales se complementó información durante el último año.

La fertilización requerida depende en gran parte de las condiciones físico-químicas de los suelos. La experimentación realizada con diferentes variedades en distintos sitios y cortes muestra la importancia de contar con un análisis de suelos previo a la siembra para definir la mejor dosis. CENICAÑA está en capacidad de dar el apoyo técnico para las recomendaciones con base en el análisis de suelos y los resultados de investigación.

La fertilización con nitrógeno y potasio (N + K) asegura mayor estabilidad del rendimiento en azúcar, sobre todo en variedades de alta producción de caña como CC 85-92, V 71-51, PR 61-632, RD 75-11, CC 84-56 y CC 85-96.

Para la variedad CC 85-92, evaluada por tres cortes en tres suelos con contenidos similares de materia orgánica pero diferentes en sus condiciones físicas y en sus contenidos de K intercambiable (conjuntos Nima, Juanchito y Guadualito), el N tuvo mayor efecto que el K en la producción de caña mientras hubo mayor concentración de sacarosa en respuesta al K que al N.

Lo anterior indica la conveniencia de conocer cuál elemento tiene más efecto en la variable que requiere manejo especial en la fertilización. La respuesta al N fue mayor a medida que el drenaje del suelo fue más lento y la profundidad efectiva del suelo disminuyó. Por su parte, las respuestas al K estuvieron relacionadas con el contenido de K intercambiable del suelo. Similar respuesta se obtuvo para la variedad V 71-51 en suelos de los conjuntos Bengala y Palmira.

Tanto para la CC 85-92 como para la V 71-51, las respuestas en producción de azúcar al N y al K variaron con el número de corte. Las respuestas al N y al K fueron más altas en las socas que en las plantillas.

Algunas variedades tienen características deseables pero su desarrollo inicial es lento, factor que en algunos casos ha frenado su adopción. Es el caso de la CC 85-68, con la cual se exploró la posibilidad de acelerar el crecimiento inicial por medio de aplicaciones fraccionadas de nitrógeno. La experimentación se llevó a cabo durante tres cortes, en un suelo Guadualito franco-arcillo-arenoso de alta fertilidad. Aunque no se observaron cambios en el crecimiento inicial de la variedad, los resultados mostraron que no se justifica fraccionar la aplicación de la dosis de nitrógeno. Estos resultados concuerdan con los publicados para las variedades MZC 74-275, POJ 28-78 y V 71-51 y confirman la recomendación de hacer sólo una aplicación de N entre los 45 y 60 días después de la siembra o el corte, según se trate de plantilla o soca.

Los maduradores mejoran el rendimiento en azúcar y su aplicación es una práctica generalizada. La respuesta a los maduradores depende de la variedad, la biomasa al momento de la aplicación, las condiciones climáticas previas a la cosecha (bien sea verano o invierno) y el madurador. Por tanto, las aplicaciones deben ser específicas según las condiciones. Se confirmó la efectividad de las recomendaciones para lograr aumentos significativos en el rendimiento en azúcar (4).

La fertilización con nitrógeno y potasio contribuye a estabilizar el rendimiento en azúcar, especialmente en variedades de alta producción de caña como CC 85-92, V 71-51, PR 61-632 y RD 75-11.

En las dos primeras variedades, la respuesta a estos nutrimentos ha sido mayor en socas que en plantilla.

Con técnicas basadas en la biotecnología se han desarrollado las metodologías para detectar, en una sola muestra de hojas, la presencia de los agentes causales de cinco enfermedades de la caña de azúcar.

Manejo Integrado de Enfermedades y Plagas

Aunque algunas enfermedades no presentan síntomas visibles pueden tener efectos severos en la producción. Por esta razón, la selección de semilla sana para el establecimiento de plantaciones nuevas no debe fundamentarse en inspecciones visuales.

Con técnicas basadas en la biotecnología se han desarrollado las metodologías para detectar, en una sola muestra de hojas, la presencia de los agentes causales de cinco enfermedades: escaldadura de la hoja, raquitismo de la soca, mosaico, virus baciliforme y síndrome de la hoja amarilla. Las nuevas metodologías de diagnóstico son precisas, ágiles y más económicas que las tradicionales.

La existencia del síndrome de la hoja amarilla (YLS, sigla en inglés) en Colombia se confirmó en 1998. Los efectos negativos de la enfermedad sobre la producción son diferentes según la variedad (Cuadro 3). La producción de la variedad CC 84-75, actualmente en adopción, puede resultar seriamente afectada si la incidencia de la enfermedad llega a ser alta. En investigaciones del Consorcio Internacional de Biotecnología de la Caña de Azúcar se aisló un gen que protege a la planta contra el virus causal del síndrome de la hoja amarilla. Se proyecta introducir este gen en la variedad CC 84-75 con el fin de tener plantas resistentes para futura multiplicación.

El establecimiento de plantaciones comerciales con semilla libre de patógenos asegura mayor productividad. El cultivo in vitro y la termoterapia son opciones para producir semilla sana. Se efectuó la limpieza in vitro de las variedades CC 85-92, MZC 74-275, V 71-51, RD 75-11 y CC 84-75. Con las plantas resultantes el Ingenio Incauca estableció semilleros básicos en la localidad de La Cumbre, Valle del Cauca, un

Cuadro 3. Disminución en toneladas de caña y azúcar por hectárea (TCH y TAH) por cada 1% de tallos afectados con el síndrome de la hoja amarilla en seis variedades sembradas a escala comercial. Colombia, 1999.

Variedad	TCH	TAH
CC 84-75	1.2	0.21
CC 87-434	0.7	0.10
V 71-51	0.6	0.08
MZC 74-275	0.3	0.08
CC 85-96	0.3	0.04
MZC 82-11	0.2	0.04

sitio distante del área azucarera donde la presencia de insectos vectores y las condiciones climáticas disminuyen el riesgo de contaminación y diseminación de enfermedades, particularmente sistémicas. Esta práctica es recomendable para mantener semilleros pequeños libres de enfermedades que sirvan de fuente de semilla sana para semilleros comerciales grandes.

Las enfermedades presentes en las zonas paneleras pueden convertirse en un continuo suministro de inóculo para la región azucarera. Las medidas preventivas comienzan con la identificación de las enfermedades existentes, su incidencia en las diferentes zonas y las variedades más afectadas para, con base en ello, definir las formas de control.

Durante 1999, en zonas paneleras de once departamentos del país se determinaron las incidencias de las enfermedades escaldadura de la hoja, raquitismo, mosaico, virus baciliforme y síndrome de la hoja amarilla. La incidencia de estas enfermedades se encontró en niveles bajos. CENICAÑA continuará prestando asesoría al ICA-CORPOICA en la capacitación de técnicos y la implantación de medidas preventivas.

En relación con la investigación y el manejo de insectos de importancia económica se mantiene el énfasis en el control biológico y el seguimiento de las dinámicas de las poblaciones al nivel local. Durante 1999 las actividades de seguimiento se extendieron a otras zonas cañeras del país con problemas de plagas.

Las poblaciones de *Diatraea* en el valle del río Cauca se han mantenido en niveles bajos gracias al control biológico, el cual continuará con base en la tecnología desarrollada por CENICAÑA.

El pulgón amarillo (*Sipha flava*) es un insecto que puede llegar a infestar con severidad campos donde encuentra condiciones ambientales favorables para su desarrollo. Actualmente las poblaciones se controlan mediante la aspersión de insecticidas sintéticos. CENICAÑA estudió la biología del insecto y actualmente evalúa la efectividad del depredador *Chrysoperla* sp. el cual, según los resultados preliminares, podría ser eficiente como medida preventiva.

La hormiga loca (*Paratrechina fulva*) es una plaga de aparición reciente en la región azucarera mientras en las zonas paneleras está causando daños de impacto económico. CENICAÑA desarrolla un proyecto cofinanciado por COLCIENCIAS para conocer la biología del insecto e identificar parásitos naturales. Se encontró un ácaro que ofrece potencial de control y se avanzó en el conocimiento de los hábitos de diseminación y el efecto de algunas prácticas culturales en su control.

Se encontró un ácaro que ofrece potencial para controlar las poblaciones de la hormiga loca (Paratrechina fulva), una plaga que en las zonas paneleras está causando daños de impacto económico.

COLCIENCIAS aporta recursos de financiación para estudiar la biología de la plaga, sus hábitos de diseminación y las oportunidades de control.

Al concluir el año las poblaciones de *Caligo illioneus* estaban en niveles normales. El control de insectos que eventualmente son problema y las demás acciones en el área de entomología se desarrollan con el apoyo permanente del comité de control biológico de la industria.

Los avances obtenidos en 1999 muestran que para aumentar la productividad y la rentabilidad de la industria azucarera es necesario abordar el desarrollo tecnológico de una manera sistémica, integral y no fragmentada, con interacción permanente de los investigadores y los usuarios de la tecnología. En el caso de la producción de sacarosa alta y estable los resultados del sector no sólo dependen de las variedades sino del manejo que se dé al cultivo: sembrar la variedad adecuada para el sitio, utilizar semilla sana, aprovechar el conocimiento disponible para el control de enfermedades y plagas, ajustar el manejo agronómico y las decisiones de cosecha a las condiciones particulares del sitio y la variedad son, entre otros, aspectos fundamentales.

Con la tecnología existente las nuevas variedades están mostrando su potencial productivo. El último año, la variedad CC 85-92 produjo a escala comercial más de 1.15 toneladas de azúcar ha⁻¹ mes⁻¹, con rendimiento de 11.51% en promedio (Cuadro 4).

Cuadro 4. Productividad de las variedades CC 85-92 y MZC 74-275 durante 1999 en el valle geográfico del río Cauca.

Variedad	TAHM	TAH - año	Rendimiento (%)
CC 85-92	1.15	13.85	11.51
MZC 74-275	0.99	11.88	11.79
Diferencia	+ 0.16	+ 1.97	-0.28



Caña Verde

CORTE MANUAL VERDE LIMPIO DE LA VARIEDAD CC 84-75



Misión

Antes del año 2005 contar con la tecnología para la producción de caña en verde y aprovechar las ventajas de la no quema, sin aumentar los costos unitarios de producción.

Estrategia

La industria colombiana se está moviendo rápidamente a la cosecha de la caña en verde como resultado de la preocupación ambiental y por la presión social. Durante las dos últimas décadas la industria se ha expandido rápidamente hasta ocupar un área cercana a 200,000 ha. El incremento progresivo del área sin quemar, que en el año 2005 debe llegar al 100% del área cosechada, pone de manifiesto la necesidad de contar con tecnologías aptas para el manejo del sistema de producción de caña en verde. La alta producción de caña por unidad de área obtenida en el trópico complica el manejo de la caña en verde.

La industria azucarera siempre ha tratado de adelantarse a las presiones políticas al establecer prácticas ambientales de una manera voluntaria. Es así como desde un comienzo se visualizó la necesidad de seguir un enfoque integral para el desarrollo del nuevo sistema de producción; con anticipación a la expedición de las leyes que prohíben las quemas agrícolas el sector azucarero inició el desarrollo de los componentes del sistema de producción en verde con una estrategia global que ha evolucionado en la medida en que el programa de cosecha en verde se ha establecido. Adicionalmente, las condiciones agroclimáticas y sociales de la zona azucarera son heterogéneas y, como tales, requieren el desarrollo de paquetes tecnológicos para las diferentes condiciones.

Desde un comienzo fue evidente que la evolución de estos nuevos sistemas de producción podría estar basada en varios enfoques. En el corto plazo se sigue un enfoque pragmático resolviendo los problemas inmediatos derivados de la cosecha en verde, ensayando rápidamente las prácticas más promisorias para el manejo de los residuos y usando las variedades existentes. En el mediano plazo buscamos máquinas que sean eficientes para la cosecha de la caña y el picado de los residuos. En el largo plazo buscamos aprovechar las oportunidades que brinda la caña verde, con variedades aptas para el nuevo sistema, dando cierta flexibilidad a la cosecha para entregar caña más fresca a las fábricas; también visualizamos la necesidad de dar valor agregado a los residuos de la cosecha.

Un factor clave para el desarrollo tecnológico ha sido la aproximación de investigación operativa, por medio de la cual se sigue el método científico en la evaluación rápida de posibles soluciones a los problemas; de esta manera podemos incorporar continuamente nuevos componentes a los paquetes tecnológicos.

El proceso de cambio hacia la caña verde debe ser gradual y acompañado por un incremento de la mecanización del campo, por lo cual éstos se deben adaptar para mejorar el desempeño de las máquinas y los equipos.

Productos esperados

- Diseño de los campos para la cosecha en verde.
- Prácticas agronómicas para el manejo de la caña en verde.
- Sistemas para la cosecha en verde.
- Variedades aptas para la cosecha en verde (ver Producción Alta Sacarosa Estable)
- Sistemas de control de plagas y enfermedades.

Resultados sobresalientes

El sector azucarero firmó con el Ministerio del Medio Ambiente un convenio de producción limpia en el cual se compromete al desmonte total de las quemas de caña en el año 2005. Anualmente el área con restricciones para las quemas va creciendo hasta llegar a suprimirlas en toda el área cosechada. Este compromiso ambiental requiere desarrollar paquetes tecnológicos para las diferentes zonas agroecológicas del valle geográfico del río Cauca. Sin la generación de nuevas tecnologías para el manejo de la caña en verde la productividad será más baja, inestable y menos sostenible.

El cambio hacia la cosecha en verde exige replantear las prácticas de cultivo con el fin de mantener o aumentar los niveles de rentabilidad obtenidos hasta ahora con el sistema de caña quemada. Durante el presente año, se realizaron avances importantes para la consolidación de los productos esperados en el macroproyecto de caña verde, los cuales se presentan a continuación.

Diseño de los Campos

El desempeño de los equipos de cultivo, de los sistemas de riego y drenaje y de la cosecha manual o mecanizada depende de las condiciones de adecuación de los campos. En el valle del río Cauca el cambio hacia la cosecha de caña verde demanda nuevos criterios de diseño de los campos que contribuyan a obtener la mayor rentabilidad del cultivo.

Evaluaciones durante la etapa de establecimiento del cultivo muestran que el consumo de agua con el riego por pulsos es igual que con el riego sin pulsos cuando la aplicación se realiza por surco alterno. Durante la etapa de germinación se recomienda regar por aspersión aplicando láminas de agua controladas entre 30 y 40 mm.

A partir de la información recolectada hasta el momento se han definido algunas normas preliminares para el diseño de los campos con cosecha en verde manual o mecanizada.

La nivelación de los terrenos debe realizarse a precisión, trazando surcos colineales entre tablones o con un ángulo de cambio de dirección no mayor a 20°; el espacio entre surcos más recomendable es de 1.75 m, la longitud de los campos para la cosecha debe ser de 300 a 400 m y de 150 a 200 m para riego; aporcar para dejar calles o entresurcos de sección trapezoidal de 15 cm de altura, 60 cm de plantilla y 110 cm de boca; ancho de callejones de 5 m, utilizar politubulares o tubería rígida con compuertas en reemplazo de las acequias regadoras y construir bateas de drenaje en el pie de los surcos de 20 cm de profundidad, niveladas y con descarga libre a los drenajes colectores.

En los estudios básicos para el diseño del campo se define el sistema de riego más adecuado y la longitud de surco óptima para el sitio. El uso de politubulares o tuberías rígidas con ventanas ofrece la posibilidad de realizar aplicaciones de riego por pulsos (intermitencia controlada). Evaluaciones llevadas a cabo durante las etapas de germinación y establecimiento del cultivo mostraron que el consumo de agua con el riego por pulsos es igual que con el riego sin pulsos cuando la aplicación se realiza en surcos alternos. El riego por surcos o superficie no es recomendable en la etapa de germinación de la caña debido a las bajas eficiencias; en estos casos se recomienda regar por aspersión aplicando láminas de agua controladas entre 30 y 40 mm.

Nuevas opciones de drenaje

La producción de caña disminuye como consecuencia de los excesos de humedad que ocurren durante la cosecha, cuando se provoca compactación del suelo y daño directo a las cepas, y en los períodos de germinación (rebrote) y macollamiento, cuando se dificulta la ejecución de las prácticas de cultivo. Debido a que la presencia temporal de un nivel freático superficial en los períodos restantes no tiene un efecto tan negativo sobre el desarrollo del cultivo, se buscan alternativas para el drenaje rápido de los campos.

Tradicionalmente, para abatir el nivel freático se ha optado por instalar tuberías de drenaje entre 1.7 y 1.8 m de profundidad. Sin embargo, en suelos de baja permeabilidad estas tuberías no son efectivas, persistiendo los altos niveles de humedad en la superficie del suelo. El drenaje a dos niveles, con líneas de tubería colocadas a dos profundidades de manera alterna (Figura 19) está siendo evaluado en el Ingenio La Cabaña que

corresponde a la zona más húmeda del valle del río Cauca. El drenaje a dos profundidades tiene el propósito de mejorar las condiciones de humedad en el suelo hasta 60 cm de profundidad, con lo cual se facilita la cosecha, la preparación del terreno y se crean condiciones apropiadas para realizar las labores de cultivo asegurando un buen desarrollo de la plantación.

El drenaje a dos profundidades es una alternativa para el drenaje rápido de la superficie en suelos de baja conductividad hidráulica debido a la menor distancia vertical que debe recorrer el agua para llegar al dren superficial. En los suelos de baja permeabilidad del Ingenio La Cabaña, con este sistema se mantuvo el nivel freático a mayor profundidad que con el drenaje convencional a un nivel (Figura 20). Las líneas de tubería colocadas a 0.9 m siempre descargan libremente al colector abierto, lo cual significa una gran ventaja con respecto al dren convencional instalado a 1.7 m de profundidad que en períodos de alta precipitación trabaja “ahogado” debido al alto nivel del agua en el canal colector. Una vez instalado el sistema nuevo de drenaje a dos niveles se incrementó la producción de caña entre 25 y 50 t/ha con respecto al corte anterior.

Para mantener un nivel de humedad adecuado en suelos arcillosos localizados en zonas de alta precipitación se recomienda complementar los sistemas de drenaje entubado con una nivelación a precisión de los campos, trazar drenes topo, realizar un buen aporque, incluir labores que roturen bien los suelos como el subsuelo con Cenitándem y programar la cosecha y demás labores mecanizadas en los períodos secos.

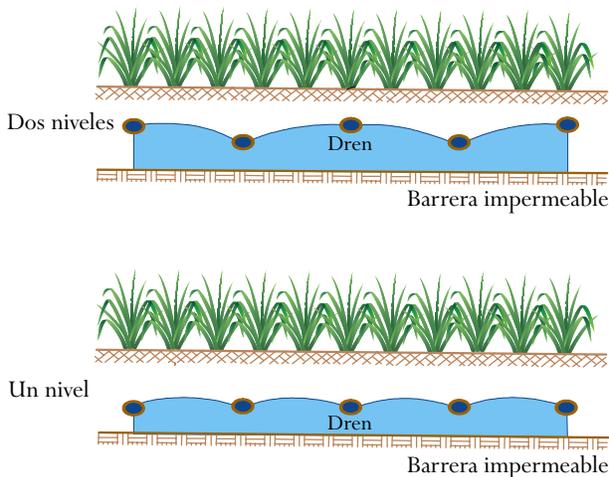


Figura 19. Esquema de las instalaciones de drenajes a uno y dos niveles.

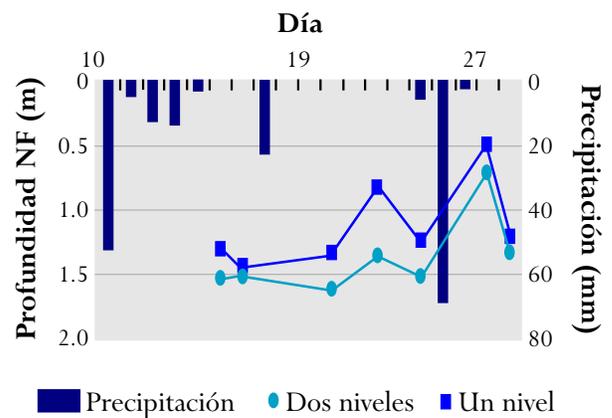


Figura 20. Fluctuaciones en el nivel freático (NF) en un mes de alta precipitación.

Prácticas Agronómicas para la Caña Verde

Manejo de residuos

La cantidad de residuos dejados en el campo después de la cosecha en verde depende de la variedad y del nivel de fertilidad del suelo. A partir de la caracterización del potencial de las variedades comerciales para producir biomasa se han venido adelantando experimentos de manejo de los residuos en diferentes condiciones de clima y suelo.

Después de cinco cosechas en verde de la variedad MZC 74-275 en un suelo de la consociación Palmira-Palmita (hacienda Gertrudis-105, Ingenio Manuelita) las parcelas con el tratamiento de residuos picados presentaron la mayor producción de caña, seguidas muy de cerca por las parcelas con encalle al 2x2. En la quinta soca, la producción de caña disminuyó en las parcelas con encalle al 2x2, posiblemente debido a la falta de rotación entre cortes de las calles donde se colocaron los residuos; la falta de laboreo del suelo trajo consigo un efecto acumulado de la compactación (Figura 21, arriba).

En la hacienda El Hatico se adelanta otro experimento en un suelo de la serie Manuelita sembrado con la variedad V 71-51. En el último corte las producciones de caña de las parcelas con residuos picados y las encalladas al 2x1 y al 2x2 fueron superiores que las del testigo con caña quemada y encalle al 5x1. Las parcelas con residuos enteros esparcidos sobre toda la superficie del campo (0x0, sin despeje de las cepas y 0x1, con despeje) y aquellas con encalle al 1x1 tuvieron producciones de caña inferiores a 70 t/ha, lo cual obligó a suprimir estos tratamientos y a asignar a estas parcelas los tratamientos de residuos picados y encalles al 2x1 y 2x2. La producción de caña se recuperó en la cuarta soca y en el corte siguiente todos los tratamientos de caña verde superaron en más de 10% la producción de caña del testigo con quema (Figura 21, centro).

Un tercer experimento, en un suelo bastante arcilloso de la serie Galpón en el CIAT con la variedad V 71-51, no ha mostrado efectos depresivos de los residuos sobre la producción de caña luego de cuatro cortes. Los resultados se atribuyen al hecho de haber realizado un aporque pronunciado (30 cm) en la plantilla. Las cosechas se llevaron a cabo en períodos húmedos y en algunos casos las primeras semanas de desarrollo del cultivo también coincidieron con períodos de lluvias. En este sitio se evaluaron tratamientos adicionales de manejo de los residuos que incluyeron parcelas sin residuos y parcelas con encalle 0x0 con carga doble de residuos. Ambos tratamientos y el de residuos picados exigieron la entrada de maquinaria al campo para sacar, adicionar o picar los

residuos. Las menores producciones de caña obtenidas en estos tratamientos se atribuyen al tráfico de las máquinas que pudo causar daños directos al cultivo y no a un efecto directo de la carga de residuos (Figura 21, abajo).

Después de más de 10 años de investigaciones sobre el manejo de los residuos de la cosecha en verde se reafirma la necesidad de picar los residuos de la caña tanto en los períodos secos como en los húmedos e incluir el aporque como una práctica fundamental que en zonas húmedas no debe tener menos de 30 cm de altura. Cuando el período posterior a la cosecha coincide con lluvias se debe controlar el tráfico de maquinaria para evitar daños directos a las cepas.

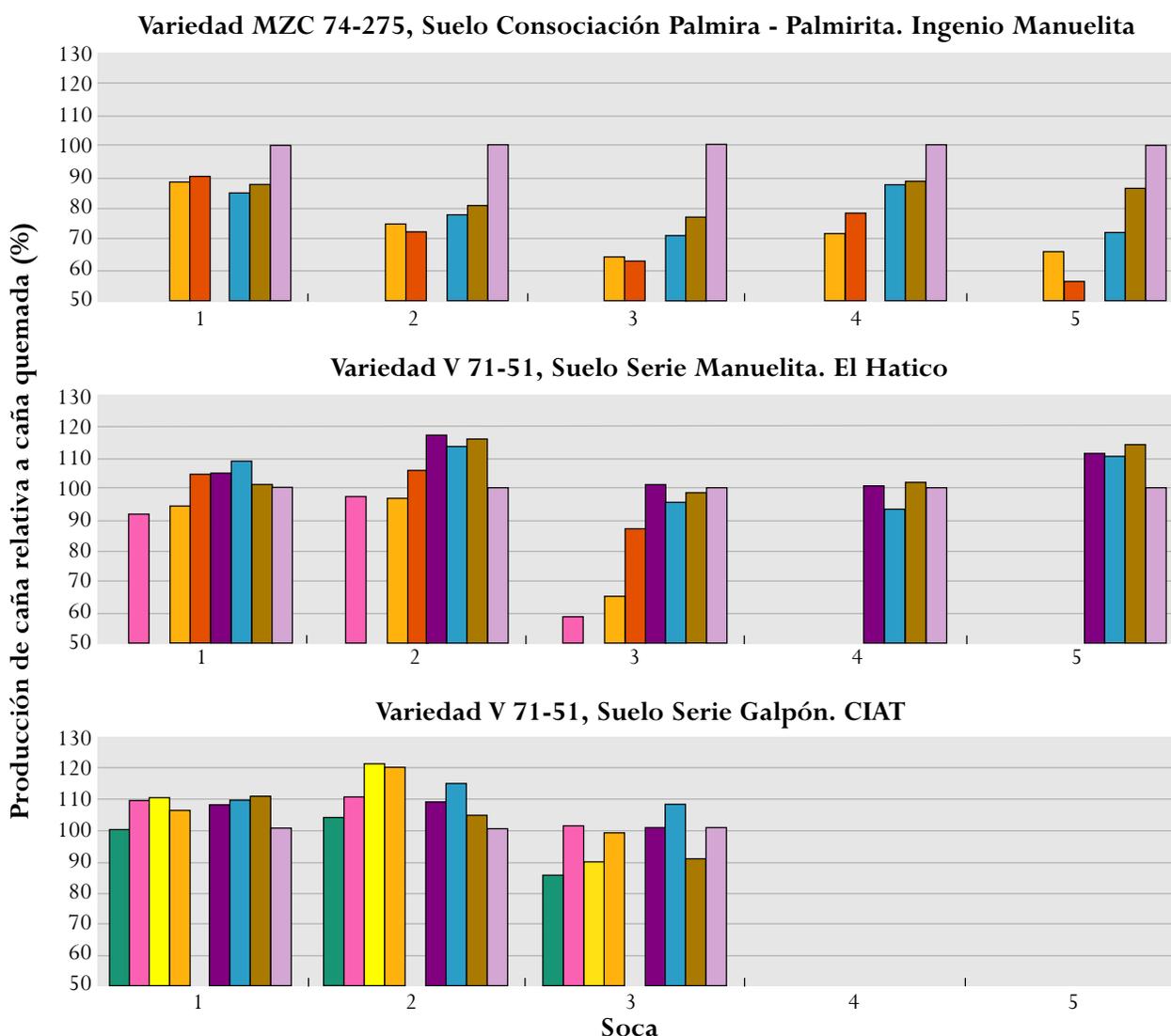
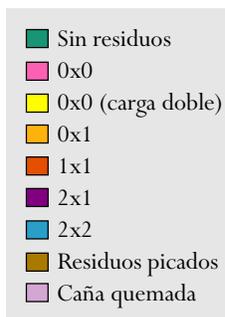


Figura 21. Producción de caña relativa a caña quemada (%) en tres experimentos de manejo de residuos con las variedades MZC 74-275 y V 71-51.

Picadora de residuos

Después de una década de experimentación sobre manejo de residuos de la cosecha en verde se reafirma la opción del picado e incorporación de residuos al suelo como la más promisoría para las condiciones del valle del río Cauca. El desarrollo de una máquina eficiente para picar los residuos a escala comercial constituye el eslabón más importante para el cambio a la cosecha en verde, que para el año 2005 debe adoptarse en toda el área cañera.

CENICAÑA y la compañía CLAAS de Alemania han venido trabajando por varios años en el desarrollo de un sistema de alimentación que garantice la recolección de los residuos colocados en el fondo de los entresurcos en campos aporcados. En el Ingenio Incauca se realizaron pruebas semicomerciales de recolección de residuos y cogeneración de energía eléctrica a partir de la combustión, en las calderas, de una mezcla de éstos y bagazo. Los resultados fueron satisfactorios en cuanto a la recolección de los residuos y la calidad y cantidad del vapor generado.

Próximamente evaluaremos una mesa de alimentación de 6 metros de ancho con el propósito de recoger en un solo pase la chorra de residuos provenientes del corte en verde de seis surcos de caña. Con una mesa más ancha esperamos regular el flujo de residuos hacia el interior de la picadora, evitando atascamientos.



Picadora CLAAS - CENICAÑA cargando residuos directamente al vagón.

Tolerancia de las Variedades a los Residuos

El manejo inadecuado de los residuos de la cosecha en verde puede afectar el desarrollo inicial del cultivo siguiente. Para conocer la tolerancia de las diferentes variedades de caña a los residuos, en el Centro Experimental de CENICAÑA se evaluaron las variedades MZC 74-275, CC 82-28, CC 85-53, CC 85-63, CC 85-68, CC 85-96 y CC 85-92 con coberturas de residuos enteros y residuos picados. El desarrollo y la producción de cada variedad se compararon con un testigo de ellas mismas sin cobertura de residuos.

La población de tallos disminuyó en todas las variedades con residuos, con el mayor efecto negativo sobre la CC 85-68. Los residuos enteros encallados al 2x1 tuvieron mayor efecto depresivo sobre el desarrollo del cultivo que los residuos picados, a pesar de haber realizado labores mecanizadas convencionales, incluyendo la fertilización, en las calles adyacentes a la calle con residuos. Al momento de la cosecha no se detectaron diferencias en la altura ni en la producción de caña y azúcar debido al esquema de manejo de los residuos. Los residuos picados de la cosecha en verde no afectaron finalmente la producción de caña e inclusive en algunas variedades, como MZC 74-275, CC 85-53, CC 85-63 y CC 85-96, las alturas de los tallos fueron mayores que las registradas en los surcos sin residuos.

A partir de la información obtenida no se puede concluir que existe tolerancia diferencial de las variedades a los residuos; sin embargo, sobresale la CC 85-92 por la mayor población y altura de tallos que se refleja también en la mayor producción de caña. Se enfatiza la necesidad de contar con sistemas eficientes para el manejo de los residuos de la cosecha en verde, especialmente en períodos húmedos.

Descomposición de los residuos

Los residuos de caña de azúcar pueden ser un sustrato excelente para el cultivo de hongos comestibles los cuales, a su vez, facilitan la descomposición de los residuos. Algunos hongos de la subdivisión Basidiomicetos se caracterizan por utilizar eficientemente la celulosa suministrada por los residuos de cosecha, especialmente de madera y gramíneas. En el valle del río Cauca ocasionalmente se observan grandes cantidades de cuerpos fructíferos de algunos hongos Basidiomicetos en los residuos de la cosecha de caña, principalmente de aquellos que pertenecen a la clase de los Homobasidiomicetos.

En CENICAÑA se evaluó el crecimiento de dos especies de hongos, *Pleurotus ostreatus* y *P. djamor*, en un sustrato de residuos picados de cosecha de caña verde sin suplemento alguno de nutrientes. Ambas especies son comestibles (champiñones) y pertenecen al orden Poliporales. En tejido de caña húmedo los hongos crecieron rápidamente; los cuerpos fructíferos colonizaron todo el tejido y su producción comenzó tres días después de haber inducido la fructificación.

Las evaluaciones continuarán en campo abierto con dos hongos que se cultivan comercialmente en Tailandia donde usan como sustrato los residuos de la cosecha de arroz.



Cuerpos fructíferos de *Pleurotus djamor* usando residuos de la cosecha de caña como sustrato.

Sistemas de Cosecha

Cosecha en verde limpio

En consecuencia con el convenio de concertación para una producción más limpia, en el último año se cosechó en verde el 26% del área total cosechada. La cosecha manual de la caña se practica en el 95% del área y se realiza de manera obligada en las zonas húmedas del norte y sur del valle del río Cauca y en el piedemonte donde la topografía es irregular y con presencia de piedras en la superficie del suelo.

En el sistema convencional de corte manual los tallos se cortan por la base a ras del piso, luego se remueve el cogollo y los tallos se acomodan para conformar las chorras de caña. En este sistema de corte las yaguas de las hojas verdes y secas permanecen adheridas a los tallos y en condiciones de caña verde resultan en contenidos de materia extraña en la caña superiores a 6%.

Como una opción atractiva se investiga el corte manual verde limpio en el cual el cortero realiza el corte del tallo por la base, descogolla, remueve las hojas y enchorra la caña realizando una limpieza completa de la chorra y de la zona lateral entre las chorras de caña y los residuos. En este sistema de corte la caña queda muy limpia y los contenidos de materia extraña casi siempre son menores a 1%, lo cual aumenta el nivel de extracción y reduce los costos de fabricación del azúcar, compensando plenamente los sobrecostos del corte verde limpio.

Para reducir el sobrecosto del corte en verde limpio es necesario mejorar la eficiencia del cortero mediante la siembra de variedades aptas que faciliten la cosecha y el uso de herramientas de corte apropiadas. En el proceso de selección de variedades, CENICAÑA incorpora

características deseables para la cosecha en verde: buen deshoje natural o facilidad para la remoción de las hojas adheridas a los tallos; cogollos cortos y tallos gruesos, erectos y de altura uniforme.

Las variedades más avanzadas en la selección por buen deshoje han sido evaluadas en los ingenios Risaralda, Incauca, Sancarlos y Mayagüez.

El corte manual verde limpio es un sistema promisorio con el cual los niveles de materia extraña casi nunca superan el 1% de la caña que entra a molienda. Variedad CC 89-2000.



La sacarosa en caña de estas variedades fue superior entre 1.0 y 1.5 unidades porcentuales con el corte verde limpio en comparación con el corte verde convencional. Las mayores diferencias se observaron en los ingenios Incauca y Risaralda localizados en zonas donde predominan las condiciones húmedas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Diferencias en sacarosa en caña entre los sistemas de corte manual verde limpio y verde convencional en cuatro ingenios azucareros. Valle del río Cauca.

	Variedad (plantilla)	Sacarosa (%) ¹		Variedad (plantilla)	Sacarosa (%) ¹
Ing. Incauca	CCSP 89-1997	1.7	Ing. Sancarlos	CCSP 89-1997	1.7
	CC 91-1999	2.1		CC 91-1999	0.5
	CC 89-2000	0.7		CC 89-2000	1.3
	MZC 74-275	1.7		MZC 74-275	0.6
	Promedio	1.5		Promedio	1.0
Ing. Mayagüez	CCSP 89-1997	0.4	Ing. Risaralda	CCSP 89-1997	0.8
	CC 91-1999	1.4		CC 91-1999	1.7
	CC 89-2000	0.8		CC 89-2000	0.9
	MZC 74-275	1.5		MZC 74-275	1.0
	Promedio	1.1		Promedio	1.2

1. Diferencia en sacarosa en caña entre el corte manual verde limpio y el verde convencional (a favor del corte verde limpio).

La variedad CC 89-2000 es una de las más promisorias para la cosecha en verde. En cuatro ingenios produjo tanta o más sacarosa por hectárea por mes que el testigo comercial MZC 74-275. La CC 89-2000 ha mostrado adaptación a las zonas secas de los ingenios Tumaco y Mayagüez y a las zonas húmedas de los ingenios Risaralda y Sancarlos en donde los suelos tienen buen drenaje.

Un análisis económico de los costos totales de elaboración de azúcar utilizando la variedad CCSP 89-1997 muestra que la cosecha manual verde limpio demanda mayores costos por mano de obra en el corte que el sistema en verde convencional (Figura 22). No obstante, en las etapas siguientes del proceso la materia extraña incrementa los costos del sistema convencional y al final el margen operacional por día de molienda es mayor con el corte verde limpio en tierras propias y arrendadas. Lo anterior sugiere que el corte verde limpio es una alternativa mejor para la industria que el verde convencional.

A pesar de que el sistema de corte manual verde limpio demanda un mayor número de corteros, con la actual coyuntura socioeconómica esto representa un beneficio social al ofrecer trabajo a mano de obra no calificada. En los ingenios La Cabaña, Risaralda, Incauca y Providencia

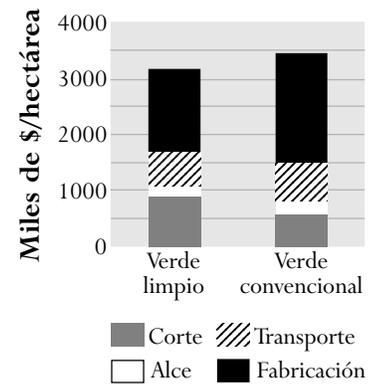


Figura 22. Costos de producción de azúcar con dos sistemas de corte manual en verde en tierras propias de un ingenio azucarero (Col\$ de 1998).

se llevan a cabo programas de corte verde limpio, cosechando con este sistema hasta el 30% de la caña diaria y empleando mano de obra adicional para beneficio social de la región.

Cosecha mecanizada

Actualmente la cosecha mecanizada es una alternativa utilizada en los ingenios Manuelita, Mayagüez y Central Tumaco que tienen mayores áreas con restricción para las quemas. Varias de las máquinas disponibles en el mercado mundial de cosechadoras han sido evaluadas por CENICAÑA en condiciones de caña verde en el valle del río Cauca; los bajos desempeños obtenidos llevaron a la industria a contratar el desarrollo y construcción de una máquina cosechadora de dos surcos que fuera eficiente para cosechar caña verde en las condiciones de Colombia. La cosechadora de CENICAÑA no ha sido construida todavía debido a problemas contractuales; sin embargo, en este momento el Ingenio Central Tumaco cuenta ya con dos máquinas fabricadas por la compañía LaCane que están en proceso de adaptación y desarrollo.

Después de más de cinco años de experiencia comercial con la cosecha mecanizada, en el Ingenio Manuelita se cosecha el 35% del área mecánicamente y el 18% en el Ingenio Mayagüez. Se considera que con la situación actual del país la oferta de mano de obra para la cosecha manual es suficiente y no es conveniente aumentar el área con cosecha mecanizada.

Altura de corte basal

El corte de los tallos al nivel de la superficie del suelo es una práctica deseable para reducir la cantidad de suelo incorporado durante la cosecha y se ha establecido como una condición para recuperar mayor cantidad de azúcar, asegurar buen rebrote de la caña y evitar la permanencia de las plagas en el campo. En los países azucareros localizados en zonas templadas se acostumbra cepillar las cepas para evitar que mueran por efecto del frío y asegurar un buen rebrote de la caña.

En las condiciones de clima tropical prevalentes en Colombia los tocones largos no afectan la germinación ni la producción del cultivo siguiente (Cuadro 6). Cuando el corte se realiza a ras de la superficie o por debajo, se presenta un atraso en el rebrote del cultivo. La decisión sobre la altura de corte basal debe tener en cuenta las condiciones del campo y el tiempo reinante al momento de la cosecha para reducir la incorporación de suelo a la caña. La presencia de tocones largos en el campo puede presentar riesgos de permanencia de plagas, además del valor de la caña dejada en el campo con el mayor contenido de sacarosa.

Cuadro 6. Efecto de la altura de corte basal sobre la producción (promedio) de siete variedades de caña de azúcar.

Altura de los tocones (cm)	Población (x10 ³ /ha)	Longitud (cm)	TCH	TAH
0	121	216 ab*	213	26.5
7	122	211 b	207	25.9
15	124	227 a	214	26.7
Promedio	122	218	212	26.4
C. V. (%)	16.5	8	11.8	13.5
Significancia	NS	3%	NS	NS

* Valores conectados con la misma letra no son significativamente diferentes.
NS: ninguna significancia.

Sistemas de Control de Enfermedades y Plagas

Incidencia de las enfermedades

Durante 1999 no se registró incremento de las enfermedades de la caña de azúcar debido a la cosecha en verde. Las razones principales pueden ser la alta resistencia de las variedades comerciales a las principales enfermedades de la región (carbón, roya, mosaico, raquitismo de la soca y escaldadura de la hoja) y la alta calidad sanitaria del material de siembra.

En algunos campos cosechados en verde se observaron germinación y rebrote bajos como consecuencia de la alta humedad del suelo y el efecto alelopático de los residuos y no por la presencia de patógenos. En algunos casos donde se apreció pudrición de la cepa, se identificó la presencia de un hongo perteneciente a la subdivisión Basidiomicetos.

Dinámica de las plagas

El seguimiento a la población de insectos en campos cosechados en verde durante dos ciclos de cultivo resultó en bajas poblaciones de insectos chupadores con respecto al cultivo anterior debido posiblemente a la alta incidencia de las lluvias en este año. En estas condiciones, en campos cosechados con quema antes del corte se volvió a encontrar una población ligeramente superior del saltahojas hawaiano (*Perkinsiella saccharicida*) reconocido como el vector potencial de la enfermedad de Fiji (Figura 23). También se constató una mayor población del picudo rayado de la caña (*Metamasius hemipterus*) en los campos cosechados en verde, pues la acumulación de residuos favorece su proliferación.



Pudrición de las cepas causada por un hongo Basidiomicetos.

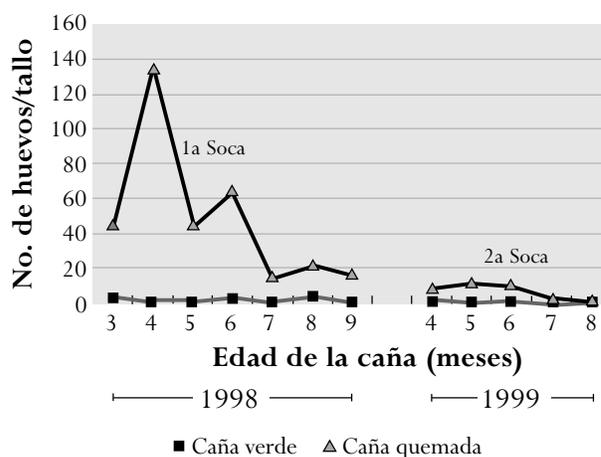


Figura 23. Población de huevos del saltahojas *Perkinsiella saccharicida* en dos lotes de caña con el sistema de cosecha en verde y con quema. Variedad CC 85-92, 1a. y 2a. socas. Hacienda Meléndez (Incauca). Enero de 1998 a septiembre de 1999.

Hasta el momento no se ha observado efecto alguno de la cosecha en verde sobre la población de los insectos barrenadores del tallo (*Diatraea indigenella* y *Valentinia* sp.). En el presente año se cosecharon en verde más de 40 mil ha de caña de azúcar, lo cual pone de presente la efectividad de los métodos de control biológico adelantados por los ingenios y los cultivadores.

El gusano cabrito (*Caligo illioneus*) fue una plaga de importancia por su ataque severo a las plantaciones de caña en los años 1998 y 1999. Aun cuando su aparición e incidencia no están directamente relacionadas con la cosecha en verde, se podría pensar que el incremento del área en verde favoreció la permanencia de la plaga al suprimir el factor de mortalidad debido a la quema de los campos. No obstante, las medidas de control utilizadas fueron suficientes para controlar el brote registrado en estos años especialmente en la zona sur del valle del río Cauca.

La tecnología disponible para el manejo de la caña en verde se ha venido desarrollando a través del mejoramiento continuo de los procesos productivos en un esquema de investigación operativa. En las fincas piloto establecidas por CENICAÑA y los ingenios azucareros se validan, valoran, ajustan y transfieren las tecnologías nuevas de producción de caña en verde para las diferentes zonas azucareras.

En 1999, cuando el 26% del área se cosechó en verde, se lograron aumentos en las producciones de caña y azúcar como resultado del manejo adecuado del cultivo, aun con alta precipitación. Los años húmedos conllevan el predominio de condiciones difíciles para el manejo, cosecha y procesamiento de la caña.



Reducción de las Pérdidas de Sacarosa



Misión

Obtener metodologías para reducir las pérdidas de sacarosa en los procesos agroindustriales de la caña de azúcar.

Estrategia

En Colombia, la industria azucarera dedica la mayor parte de sus recursos a concentrar sacarosa en la caña cultivada (en pie) para luego extraerla a través de los procesos fabriles. La cosecha se realiza durante todo el año, factor que sumado al uso de variedades de alto rendimiento en sacarosa coloca al país entre los productores mundiales de mayor productividad en azúcar por hectárea.

Un necesario complemento a esta situación en la cadena de eficiencia y productividad lo constituye la reducción de las pérdidas de sacarosa ocurridas desde el corte de la caña durante la cosecha hasta las fases finales del proceso fabril.

En 1994, con la formulación del macroproyecto Reducción de las Pérdidas de Sacarosa, CENICAÑA comenzó a identificar y cuantificar estas pérdidas. El diagnóstico y los proyectos de mejoramiento se han venido realizando en algunos ingenios definidos como centros piloto.

Se han detectado oportunidades de impacto significativas en las siguientes operaciones: (a) entre cosecha y molienda: para reducir las pérdidas por tiempos de permanencia y materia extraña; (b) en preparación y molienda: para reducir las pérdidas en bagazo derivadas de los sistemas de preparación y las condiciones de la molienda; (c) en evaporización (tachos, cristalizadores, centrífugas): reduciendo las pérdidas en miel final a través de mejoras en el proceso.

La estrategia se basa en el seguimiento sistemático de las condiciones de operación y la calidad de los materiales con el fin de caracterizar y controlar los factores de mayor incidencia en la recuperación de sacarosa. Para ello se desarrollan métodos de muestreo y técnicas de análisis químico, mecánico y económico y a partir de los resultados de la investigación se proponen alternativas de solución factibles y acordes con los principios del desarrollo sostenible.

Productos esperados

- Metodologías para determinar las pérdidas de sacarosa en las etapas asociadas a los procesos de corte, alce, transporte, apilamiento y limpieza de caña. Determinación de la materia extraña que acompaña a la caña a su ingreso a la fábrica y de las pérdidas asociadas a ella.
- Modificaciones y control de los procesos de preparación y extracción para mejorar las eficiencias y la productividad y reducir las pérdidas de sacarosa.
- Establecimiento de los parámetros y la ecuación validada para calcular la pureza esperada en mieles finales para el sector azucarero colombiano.
- Definición de las operaciones, ajustes, cambios e inversiones requeridos para reducir las pérdidas de sacarosa en mieles finales.

Pérdidas de Sacarosa entre Cosecha y Molienda

Durante 1997 y 1998 se establecieron a escala experimental (laboratorio y semicomercial) los rangos de pérdidas de sacarosa por efectos de la quema, el tiempo de permanencia de la caña (en campo, vagones y patios de la fábrica) y la materia extraña. Se utilizaron la metodología no destructiva, la espectroscopía NIR y el análisis directo vía húmeda.

En 1999, en cooperación con un ingenio piloto se validaron dichos rangos mediante el seguimiento de las pérdidas de sacarosa en caña de 100 lotes comerciales cosechados en diferentes períodos del año.

A partir del porcentaje de sacarosa en la caña en el momento de la cosecha y teniendo en cuenta las condiciones del corte y el alce, el tiempo de permanencia y el contenido de materia extraña en la caña que llegó a la fábrica, se calcularon las pérdidas de sacarosa tomando como base los rangos experimentales. Los valores estimados fueron muy similares a los datos reales (Cuadro 7).

La estrecha correspondencia entre ambas determinaciones confirmó la validez de los rangos preestablecidos para estimar las pérdidas y tomar decisiones encaminadas a reducirlas.

Se confirmó la validez de los rangos preestablecidos para estimar las pérdidas de sacarosa en la caña por efectos de la quema previa al corte, el tiempo de permanencia entre corte y molienda y la materia extraña que ingresa a fábrica. El seguimiento y la validación se realizaron con cien lotes comerciales cosechados en diferentes épocas del año.

Cuadro 7. Validación de los rangos de pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda determinados por CENICAÑA, en un ingenio piloto. Intervalos de confianza de 90%.

Sacarosa en caña	Estándar ¹		Rangos estimados ²		
	Rangos	Promedio	Caña quemada	Caña verde	Total ponderado
Campo: Sacarosa % caña	12.0 – 16	14.0	14.1 ± 0.4	14.2 ± 0.4	14.1 ± 0.3
Quema: Pérdida (%)	0 – 6.0	3	0.4	0	0.4
Tiempo permanencia en campo: Pérdida (%/hora) ³	0.09 – 0.11	0.10	0.6	0.9	0.7
Materia extraña (ME): Pérdida (%/%ME)	1.0 – 2.0	1.5	0.8	0.5	0.6
Calculada al arribo al ingenio: Sacarosa % caña			12.3 ± 0.4	12.8 ± 0.4	12.4 ± 0.3
Real en molinos: Sacarosa % caña			12.3 ± 0.4	12.2 ± 0.4	12.3 ± 0.3

1. Rangos establecidos por CENICAÑA (laboratorio y semicomercial).
2. Se calcularon a partir de los valores estándar y los datos del ingenio sobre tipo de cosecha, porcentaje de materia extraña y tiempo entre cosecha y molienda. Para el caso de caña verde, el porcentaje de pérdidas por tiempo de permanencia en campo fue:

$$14.29 (\text{Sac \% caña en campo}) \times \frac{0.10}{100} \left(\frac{\text{Pérdidas indicadas por CENICAÑA}}{h} \right) \times 6$$

Para calcular las pérdidas totales ponderadas se utilizaron las cantidades ingresadas de caña quemada y caña verde, su sacarosa neta y total en campo.
3. Para época seca y corte manual.

Las determinaciones experimentales mostraron a la industria la importancia de reducir los tiempos de permanencia de la caña en el campo y los patios de la fábrica para disminuir las pérdidas de sacarosa. Mientras en 1997 el 64% de la caña cosechada permanecía más de 48 horas en el campo antes de ser alzada para ir a molienda, en 1999 más del 70% de la caña se llevó a los molinos antes de ese tiempo. De igual forma, entre 1997 y 1999 el tiempo de permanencia de la caña en los patios de la fábrica se redujo de 25 a menos de 15 horas en promedio.

La materia extraña es uno de los factores que más inciden en las pérdidas de sacarosa asociadas al corte, alce y transporte de la caña (4) y además tiene repercusiones importantes en los procesos fabriles. En la búsqueda de sistemas de evaluación rápidos y confiables, en los ingenios Central Castilla y Providencia se utilizaron la sonda mecánica y la prensa hidráulica para evaluar los efectos de la materia extraña en el contenido de sacarosa de la caña (10). Se determinó que los cogollos sin quemar

introducidos por las cosechadoras combinadas llegan a representar entre 8 y 10% del peso de la caña. En caña limpia, la adición de 5% de cogollo causó disminuciones entre 1 y 6% en el contenido de sacarosa. En el laboratorio se detectaron incrementos de los polisacáridos, los niveles de minerales y el color de los jugos (9), condiciones que van en detrimento de la calidad y recuperación de azúcar en las fábricas.

En los dos próximos años se realizarán evaluaciones para determinar los contenidos de la materia extraña que acompaña a la caña al momento de llegar al ingenio y sus consecuencias en el proceso industrial. Finalmente se plantearán alternativas para reducir la cantidad y los efectos de la materia extraña en la calidad de la caña y en la elaboración de azúcar.

En caña limpia, la adición de 5 por ciento de cogollo causó disminuciones del contenido de sacarosa entre 1 y 6 por ciento. En el laboratorio se detectaron incrementos de los polisacáridos, los minerales y el color de los jugos.

Pérdidas de Sacarosa en Bagazo

El seguimiento de las pérdidas de sacarosa en bagazo se realiza con el propósito de optimizar los procesos de preparación y extracción. CENICAÑA ha propuesto metodologías para medir el índice de preparación de la caña y reducir el consumo energético, así como programas para ajustes de molinos y control de la imbibición.

Metodologías para medir la extracción de trenes de molinos

Para definir la eficiencia del proceso de extracción se puede utilizar la diferencia entre la cantidad de jugo que trae la caña y la cantidad de jugo obtenida en el de molienda o tomar como indicador la cantidad de sacarosa remanente en el bagazo.

En el último caso se requiere incorporar el valor de fibra del bagazo resultante del último molino y para ello es necesario conocer el Brix del jugo en el bagazo. La determinación de dicho Brix es difícil debido al bajo contenido de sólidos solubles en el jugo que hacen que la lectura se sitúe en el rango inferior de la escala del equipo de medición (refractómetro).

Para estimar el Brix del bagazo se están evaluando tres metodologías, dos de ellas utilizadas en los ingenios locales: (1) tomar el jugo de la maza bagacera del último molino (jugo residual) y suponer que su pureza (sacarosa/Brix) es igual a la del jugo contenido en el bagazo; luego, con previo conocimiento de la sacarosa que acompaña al bagazo, calcular el Brix del jugo del bagazo; (2) desintegrar el bagazo vía húmeda, dilución 1:10, y leer el Brix del extracto; (3) prensar el bagazo en seco y leer el Brix del jugo extraído.

Se han programado actividades de capacitación e intercambio para llegar a manejar un criterio uniforme de diseño específico de ajustes en las estaciones de molienda de los ingenios colombianos.

En un ingenio donde se evaluaron los tres métodos se observaron diferencias significativas entre el valor de Brix calculado con el primer método (jugo residual) y el calculado con el segundo (desintegración húmeda). El valor estimado con el tercer método (prensado en seco) se ubicó en un punto intermedio entre los dos anteriores.

Para establecer si las variaciones observadas se debían a errores procedimentales, diferencias en la metodología o por los cálculos involucrados, se estableció el perfil de las purezas de los jugos extraídos en cada molino del tándem. La diferencia entre los valores de pureza de las muestras prensadas en seco y las desintegradas vía húmeda se hizo más notoria a medida que se avanzó en el tándem, en congruencia con las diferencias halladas para estos dos métodos durante la extracción total.

En el año 2000 se estudiará esta situación con herramientas estadísticas y se utilizará el enfoque de la química analítica para analizar los errores introducidos por las diluciones de los extractos obtenidos con los métodos 1 y 2.

Diagnóstico de estaciones de molienda

En la búsqueda de un sistema de diagnóstico de las estaciones de molienda que se pueda utilizar para mejorar los ajustes de molinos, se aplicó la segunda versión de la hoja de cálculo Análisis de Ajustes y Cargas en Estaciones de Molienda desarrollada por el grupo de ingenieros mecánicos del Programa de Fábrica. La herramienta incorpora el método GRG2, técnica de programación no lineal del gradiente reducido para optimización de las variables.

El diagnóstico se realizó en ocho de los once ingenios donantes a CENICAÑA; en todos se siguió el mismo patrón de medida y se manejaron los mismos parámetros: (1) compactación en el nip² de salida; (2) compactación en el nip del virador; (3) ángulo de contacto del virador: formado por la línea de contacto del virador con la maza bagacera y la línea que une los centros de las mazas superior y bagacera; (4) consumo de potencia por tonelada de fibra por hora (HP/TFH) y (5) predicción de fallas en ejes de maza debidas a fatiga (Figura 24).

2. **Nip:** sitio de menor distancia entre las superficies que efectúan la compresión. La **compresión** es el valor de la densidad aparente que alcanza el bagazo o la caña preparada al pasar por un punto cualquiera de un molino (usualmente los puntos en donde las piezas del molino desarrollan la máxima compresión). A valores más altos de compresión se obtienen mayores eficiencias; esto se logra a expensas de un mayor consumo energético y, en ocasiones, de la fatiga y el desgaste de las mazas. Lo anterior hace que la compresión sea un parámetro de interés para la eficiencia de la estación de molienda.

En los ingenios colombianos la tendencia es emplear valores de compresión excesivamente altos en las mazas bagaceras y en los viradores (Cuadros 8 y 9). Esto explica los efectos mecánicos negativos representados en consumos energéticos elevados, torques altos, roturas de ejes y desgastes acelerados; además, los perfiles de compactación a lo largo del tándem son erráticos. Por estas razones se han programado actividades para llegar a manejar un criterio uniforme de diseño específico de ajustes en las estaciones de molienda de los ingenios colombianos. Estas actividades incluyen capacitación en conceptos y uso del software desarrollado.

La adopción y sostenimiento de esta cultura conducirán a mayores eficiencias, menor consumo energético y menores dificultades mecánicas como el desgaste y las roturas.

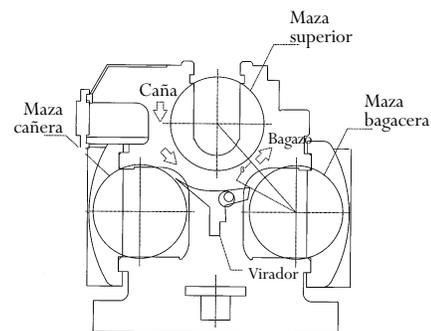


Figura 24. Esquema de un molino convencional de tres mazas.

Cuadro 8. Compactación en el nip de salida.

Molino (No.) (kg/m ³)*	Valor de referencia (kg/m ³)	Promedio ingenios colombianos (%) ¹	Coefficiente de variación
1	550	550	18.6
2	610	718	25.1
3	670	814	17.2
4	730	923	25.8
5	790	1087	28.2
6	850	1127	27.4

1. Coeficiente de variación = σ_s / promedio

* Fuente: Curso de preparación y molienda, Cali, Colombia, febrero 22-26, 1999 [Material para análisis y complemento] Cali, Convenio Sena-Asocaña, 161 p.

Cuadro 9. Compactación en el nip del virador.

Molino (No.) (kg/m ³)*	Valor de referencia (kg/m ³)	Promedio ingenios colombianos (%) ¹	Coefficiente de variación
1	140	201	20.1
2	151	235	31.1
3	162	244	19.0
4	173	267	20.6
5	184	308	25.1
6	195	321	26.3

1. Coeficiente de variación = σ_s / promedio

* Fuente: Curso de preparación y molienda, Cali, Colombia, febrero 22-26, 1999 [Material para análisis y complemento] Cali, Convenio Sena-Asocaña, 161 p.

A partir de información experimental e industrial sobre variables del proceso de molienda como flotación, torque, frecuencia de operación y presión hidráulica, se están desarrollando modelos para predecir el comportamiento energético y su relación con otros efectos como el desgaste y las fallas por fatiga.

Pérdidas de Sacarosa en Miel Final

La miel final es el subproducto del proceso de cristalización que acarrea el mayor porcentaje de sacarosa perdida en los procesos fabriles; está constituida en una alta proporción por no-azúcares y azúcares reductores y por una porción de sacarosa. Las pérdidas de sacarosa en miel final resultan de la combinación de aspectos operacionales propios de la estación de evapocristalización (tachos, cristalizadores y centrífugas) y las características de las meladuras (que son función de la calidad de la caña y de los procesos de clarificación, filtración y evaporación).

Procesos de evapocristalización

La calidad de los jugos procesados en 1999 en los ingenios fue superior que la del año anterior. La pureza del jugo diluido fue de 87.9% en promedio, 1.1 unidades porcentuales más que en 1998 (ver Análisis de Información Comercial). Entre un año y otro las pérdidas de sacarosa en miel final % sacarosa caña disminuyeron de 6.6 a 6.0%, como resultado del menor contenido de compuestos no-sacarosa entrando a fábrica, mayor control del crecimiento del cristal e inversiones en tecnologías como tachos continuos, cristalizadores verticales y aumento del número de tachos automatizados.

Durante 1999 cinco ingenios comenzaron a utilizar la técnica desarrollada por CENICAÑA para medir el tamaño del cristal. Además, en un ingenio se realizó un trabajo conjunto para identificar y corregir los problemas en la elaboración de masas terceras para, de esta manera, reducir las pérdidas de sacarosa en miel final. En este ingenio se logró estandarizar el proceso de preparación de la suspensión alcohólica, establecer el acondicionamiento de mieles A y B y el punto de semillamiento para la elaboración del cristal, mejorar el color y la calidad del azúcar e incrementar los tamaños de cristal y la calidad de las magmas en las masas C y B (Cuadro 10). Como proyección se extenderán los trabajos a plantas de A, se verificarán las condiciones de optimización de los tachos y se buscará la estabilidad global de la estación en este ingenio.

Entre 1998 y 1999 los ingenios azucareros disminuyeron las pérdidas de sacarosa en miel final, de 6.6 a 6.0 por ciento.

Los resultados se atribuyen al menor contenido de no-sacarosa entrando a fábrica, al mayor control del crecimiento del cristal y a las inversiones en tecnologías de evapocristalización.

Cuadro 10. Mejoras en la estación de tachos de un ingenio.

Parámetro	Antes	Después
Tamaño de grano en Masa C	0.15 – 0.20 mm C. V.: 63-66%	Superior a 0.30 mm C.V.: menos de 35%
Incremento de pureza de la miel C en centrífugas	Entre 5 y 7 puntos	Entre 1 y 3 puntos
Pureza magma C	Entre 63 y 66%	Entre 78 y 81 %
Pureza magma B	Entre 75 y 78 %	Entre 89 y 91 %
Tamaño de grano en Masa B	0.23 – 0.25 mm C.V.: 38–40%	Superior a 0.36 mm C.V.: 30–32%

Ecuación de pureza esperada en mieles finales

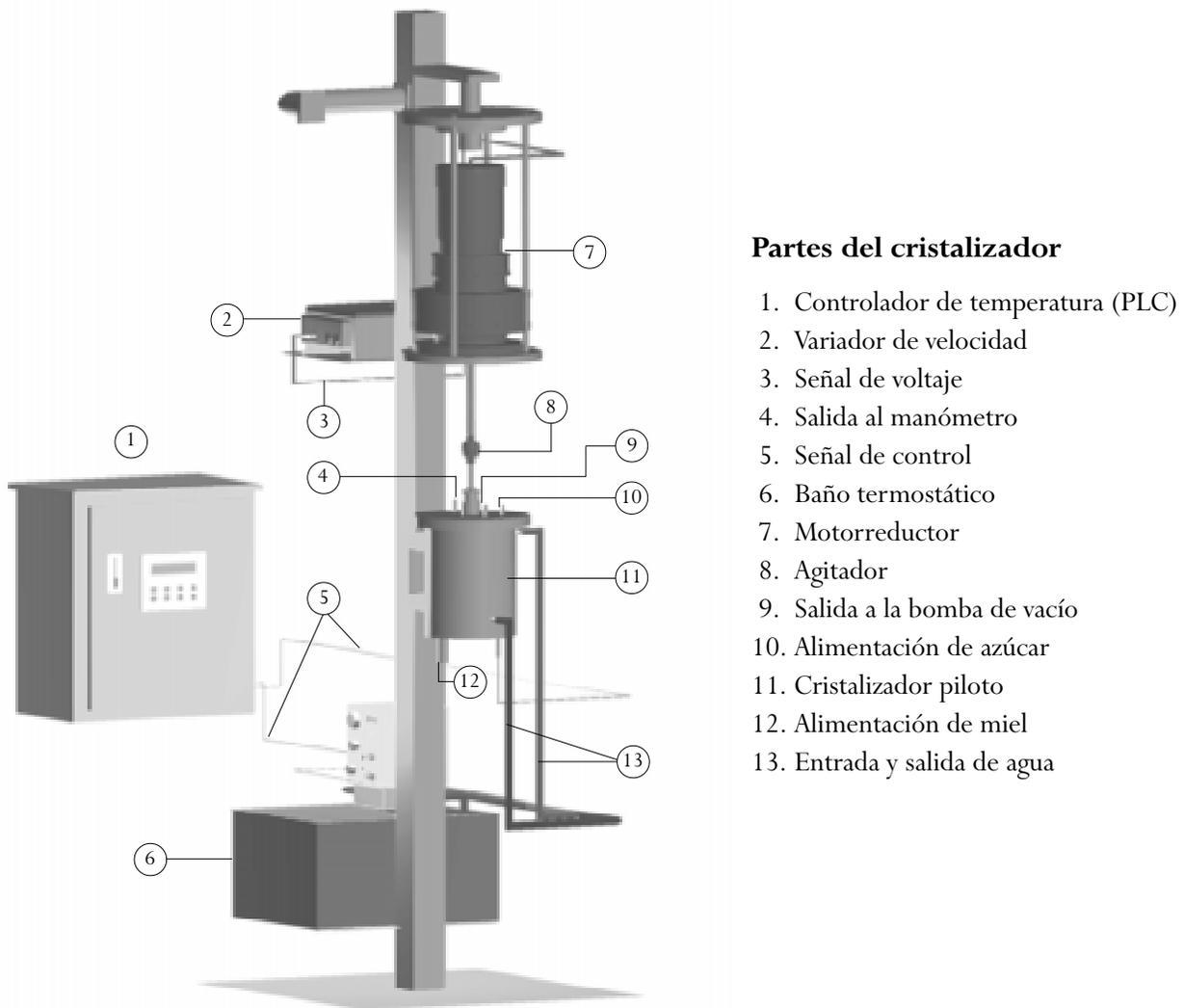
CENICAÑA está trabajando en el desarrollo de una ecuación para la pureza esperada (target purity) en miel final en los ingenios colombianos. De esta manera se busca evaluar la eficiencia del proceso de agotamiento de las mieles. Mediante la ecuación se establecerá el valor mínimo de pureza que es posible alcanzar en miel final con unas condiciones previamente establecidas (consistencia³ de la miel agotada de 100 Pa.sⁿ), el cual se confrontará con el valor alcanzado en cada ingenio; de esta forma se estimará la eficiencia del agotamiento.

Durante el primer semestre de 1999 se estandarizó la metodología para determinar la pureza esperada, utilizando muestras compuestas de mieles suministradas por los ingenios. La metodología, fundamentada en el procedimiento seguido por el Sugar Research Institute - SRI de Australia, consiste en acondicionar la miel y agotarla por enfriamiento. Así, la miel final proveniente del ingenio se diluye a 75° Brix y se concentra hasta un determinado nivel de materia seca (a mayor contenido de materia seca, mayor probabilidad de agotamiento pero también mayor consistencia); la miel acondicionada se semilla para formar una masa con 20% de cristales, la cual se enfría de forma paulatina durante 24 horas; luego, la miel se separa de los cristales mediante el filtro prensa Nutsch y se le determina su pureza.

3. En el caso de fluidos no newtonianos como la miel final, la consistencia es equivalente a la viscosidad.

La ecuación definitiva representará la variabilidad de la calidad de la caña que entra a un ingenio en el transcurso de un año. Con este fin, cada ingenio elaboró tres compuestos de miel final representativos de la calidad de la caña molida en períodos de alta y baja pluviosidad y condiciones normales. Al finalizar el año 2000 se espera tener la primera ecuación para validar.

Los experimentos correspondientes se desarrollan en un cristalizador experimental diseñado y construido por CENICAÑA a partir de planos originales del Sugar Milling Research Institute -SMRI de Sudáfrica. El cristalizador está provisto de línea de vacío, agitador y controlador programable de temperatura (Figura 25).



Partes del cristalizador

1. Controlador de temperatura (PLC)
2. Variador de velocidad
3. Señal de voltaje
4. Salida al manómetro
5. Señal de control
6. Baño termostático
7. Motorreductor
8. Agitador
9. Salida a la bomba de vacío
10. Alimentación de azúcar
11. Cristalizador piloto
12. Alimentación de miel
13. Entrada y salida de agua

Figura 25. Esquema del cristalizador experimental utilizado en los experimentos para definir la ecuación de pureza esperada (target purity) en la industria azucarera colombiana.



Modelos de Decisión



Misión

Mejorar continuamente el sistema de producción de azúcar a través de modelos que ayuden en la toma de decisiones para aumentar la productividad y rentabilidad del sector azucarero.

Estrategia

La estrategia para tener un modelo del negocio agroindustrial que simule la capacidad de una empresa azucarera para generar dinero en efectivo después de cubrir todos los compromisos, es decir, agregar valor al patrimonio de la empresa, consiste en:

- Cuantificar los ingresos de manera precisa y confiable. Dado que la producción de azúcar empieza en el campo, se requiere un modelo de crecimiento de la caña y acumulación de sacarosa que muestre cómo los cambios en las condiciones de producción afectan el desarrollo y la maduración. Las variaciones en el contenido de sacarosa han mostrado ser lo que más repercute en la capacidad de generar ingresos, siendo la base sobre la cual se sustenta y puede crecer el negocio. En consecuencia, se debe entender cómo cambia la producción de azúcar con diferentes condiciones climáticas y calidad de la caña. Por el lado de los precios, se requiere conocer las funciones de oferta y demanda de azúcares y subproductos que enfrentan los productores y entender los cambios estructurales y coyunturales en los cuales se han dado estas funciones, con el fin de simular el comportamiento de los precios.
- Cuantificar los costos. Con el fin de llegar a mejores decisiones encaminadas a incrementar la productividad, eficiencia e ingresos de los productores y el sector, se requiere que los costos estén correctamente determinados con criterios económicos y no contables. Estos criterios se están incluyendo en módulos programados para que sean fácilmente utilizables por los usuarios.
- Desarrollar formas de administración que garanticen el progreso de la agroindustria: (1) Sistema de información técnica y económica para avanzar hacia una administración eficiente, en costos y productividad, de las suertes sembradas en caña. Este sistema evalúa la gestión del campo y ayuda a determinar las prácticas que han dado más ganancias para sitios con determinadas condiciones, de forma que esas mejores prácticas sean propuestas como opciones para ser

utilizadas en suertes de las mismas características. (2) Determinación del nivel de operación: es importante encontrar el nivel de operación óptimo (molienda en tiempo e intensidad) para cada uno de los ingenios porque éste predetermina los resultados de productividad en campo y fábrica y los resultados económicos (costos e ingresos). Actualmente, la forma como se muele, es decir la relación entre la tasa de molienda y el área sembrada, determina la edad de corte de la caña y el flujo de fondos del negocio.

Estimación de Costos

Los métodos de costeo económico son apropiados para apoyar la toma de decisiones administrativas al valorar adecuadamente los recursos y los bienes de capital invertidos en la actividad productiva, separando los costos directos de los indirectos y reflejando los momentos reales en que entran y salen los fondos. No obstante, en la industria azucarera colombiana predomina el uso de métodos de costeo contable, los cuales dejan de lado las consideraciones anteriores y por tanto no proporcionan la información suficiente para proyectar el desarrollo de las empresas.

Para superar dichas limitaciones y apoyar a la industria en su interés por reducir costos sin perder productividad, CENICAÑA ha desarrollado una metodología de presupuestación financiera útil para el seguimiento y la planificación.

La metodología se basa en el registro de los datos técnicos y de costos involucrados en las diferentes etapas del proceso productivo, los cuales generan un costo de producción progresivo y acumulativo a medida que el producto gana en valor agregado al pasar por los procesos de cultivo, cosecha, fabricación, comercialización y ventas. El modelo se denomina Generador de Presupuestos y actualmente está disponible en hojas electrónicas para los centros de gestión de campo, cosecha y fábrica.

Costos de fabricación de azúcar

Con la colaboración de un ingenio piloto se desarrolló el método de costeo económico de la fabricación de azúcar, el cual valora el capital de inversión y operación asociado con cada etapa del proceso. El método puede ser utilizado para generar presupuestos en diferentes escenarios de planificación sobre la operación de las fábricas.

Siguiendo los pasos a la materia prima (caña de azúcar) dentro de la fábrica, se obtiene un valor agregado del producto final que incluye todas las estaciones en donde los productos intermedios obtienen cambios

reflejados en valor y costo; es decir, el costo final del azúcar y los subproductos es el resultado de las transformaciones que sufre la materia prima en cada etapa del proceso. Todos los insumos más la mano de obra, la maquinaria y los equipos usados en cada fase alteran el costo final y le agregan valor al azúcar.

Con el método de costeo contable, el costo final del producto es atribuido a cada proceso como un porcentaje sin tener en cuenta los productos intermedios que se van generando. Los costos son promedios mensuales del dinero gastado y se parte de un costo inicial de la materia prima equivalente al valor de la compra o levantamiento de la caña; al final del proceso fabril se incluyen los insumos aplicados sin tener en cuenta la gran inversión en activos involucrada en la fabricación de azúcar.

Como ejemplo del funcionamiento de la metodología se esboza el proceso de costeo de vapor. A partir de la valoración del vapor se puede costear la generación de energía eléctrica y con ambos costos se completa la información para valorar todos los procesos y por ende estimar el costo de operación de la fábrica.

La caldera es la fuente de calor que genera el vapor indispensable para el funcionamiento de la maquinaria y los equipos que participan en la elaboración del azúcar. El vapor es consumido por las turbinas que accionan los molinos, así como por los turbogeneradores de energía eléctrica. El vapor de escape de este proceso es de baja presión y alimenta los evaporadores, los cuales liberan vapor vegetal que se emplea en calentadores y tachos; la condensación del vapor de escape suministra la mayor parte del agua de alimentación de las calderas.

El presupuesto integra el precio de los factores de producción involucrados en el proceso de generar vapor, considerando la valoración del carbón, el bagazo, la energía eléctrica, el agua de enfriamiento, el agua de calderas y el aire comprimido, además del costo de reducir la contaminación atmosférica.

Precios de transferencia

La agroindustria azucarera busca permanentemente la forma de reducir sus costos y los ingenios ya implementaron las reducciones más evidentes. CENICAÑA explora la posibilidad de reducir los costos unitarios de producción a partir de definir el nivel de producción de azúcar más adecuado para un año dado.

Una empresa integrada verticalmente, como son en parte la mayoría de los ingenios azucareros locales, maximiza utilidades si logra maximizar la utilidad de cada división que la compone. Para tal fin la empresa debe valorar las partes, componentes e insumos dentro de ella, por división; esta valuación se conoce en economía como la fijación de precios de transferencia. Los precios de transferencia son los precios internos a los que se venden los productos intermedios y finales de las divisiones de producción de materia prima y producto terminado a las divisiones de elaboración y mercadeo.

Al conocer los precios de transferencia cada división puede orientar sus esfuerzos a producir bienes intermedios con niveles rentables y también a producir lo estrictamente necesario para que la división siguiente en el proceso también sea rentable. La hipótesis por confirmar señala que la industria puede estar produciendo más cantidad de azúcar que la económicamente eficiente, porque subestima el precio de la caña en el campo y entonces encuentra rentable explotar este último al máximo; a su vez, el nivel de explotación en el campo obliga a moler más caña que la debida y por tanto no se maximiza la utilidad en la fábrica ni en el ingenio como un todo.

Para obtener los precios de transferencia se requieren los costos unitarios por proceso durante todo el ciclo productivo y estimados de la demanda por el bien final y por los bienes intermedios. Con esta información se puede diseñar un esquema para determinar los niveles óptimos de producción divisional que conduzcan al óptimo global.

En la Figura 26 se presenta un ejemplo del margen operacional que puede tener un ingenio, dado un nivel tecnológico en campo, cosecha y fábrica, según comercialice el azúcar (obtenido de una suerte) en el mercado interno o externo o en el ponderado de ambos. En el ejemplo, que resulta de aplicar el Generador de Presupuestos en una fábrica con capacidad para moler 8500 toneladas de caña por día, la caña proviene de tierra arrendada con manejo directo del ingenio y es una plantilla que produjo 120 t/ha de caña y 12% de rendimiento en azúcar.

En el eje horizontal (X) aparecen en secuencia cronológica las labores necesarias para producir caña y azúcar, desde la preparación de la tierra hasta el producto empacado; el eje vertical indica los costos de cada labor por tonelada de caña molida (también se puede hacer por tonelada de azúcar producida). Se visualizan los costos acumulativos asociados a las labores y procesos en cada centro de gestión (campo, cosecha y fábrica) y la forma como se consume el margen operacional en los diferentes mercados (ingresos) hacia los cuales se puede destinar la producción.

Para obtener los precios de transferencia se requieren los costos unitarios por proceso durante todo el ciclo productivo y estimados de la demanda por el bien final y los bienes intermedios.

El análisis consiste en definir cuánto se puede pagar a cada negocio intermedio por el producto que entrega, según el precio de venta del azúcar.

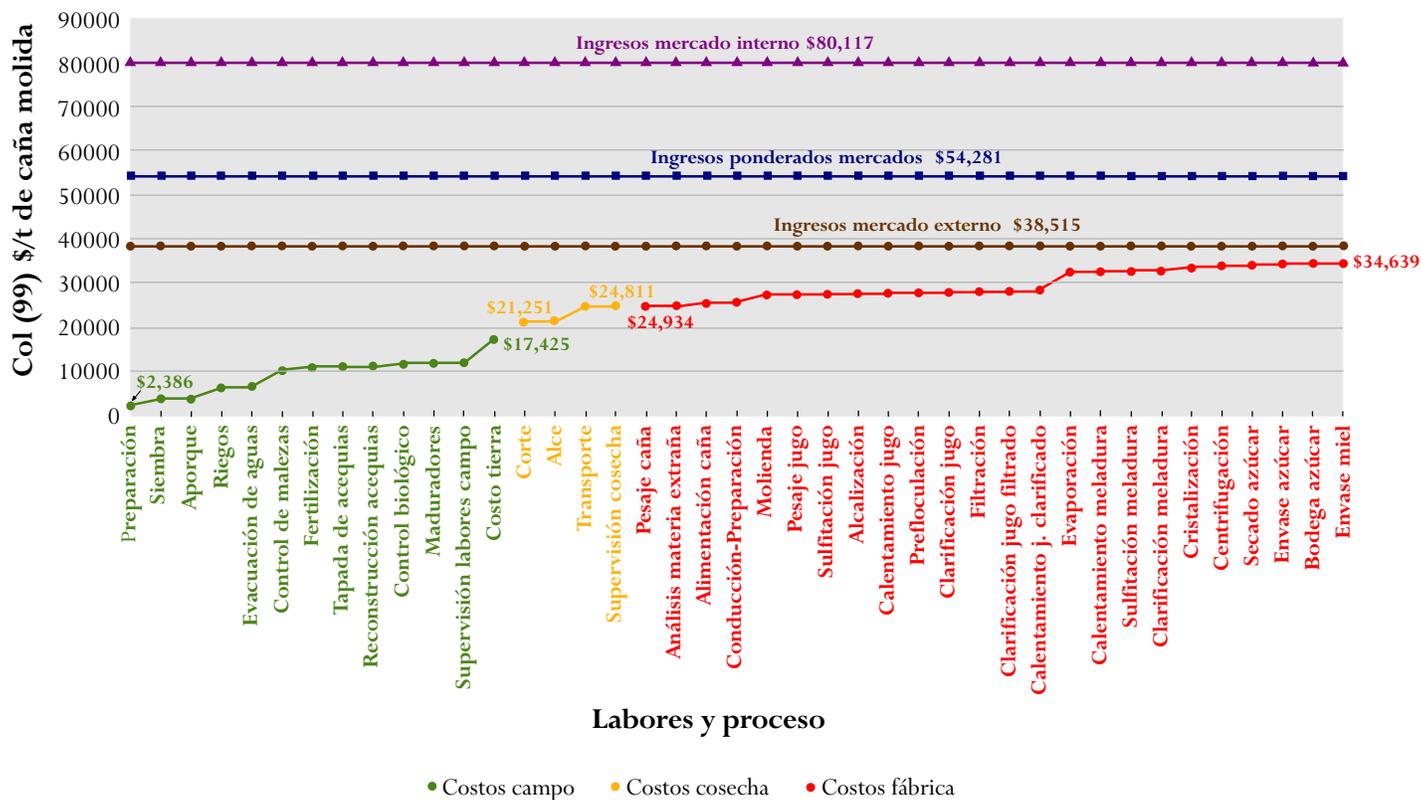


Figura 26. Margen operacional parcial para el negocio que hace un ingenio al procesar caña proveniente de una suerte arrendada.

Los mercados se representan con líneas horizontales dentro de la figura: la línea más baja refleja el mercado externo, la más alta el mercado interno y la intermedia el ponderado de los dos mercados (específico de cada ingenio y mes); la referencia está dada por el precio del azúcar producido por cada tonelada de caña molida al momento del análisis. En este caso, las líneas representan el valor que se obtiene en cada mercado al vender los 120 kg de azúcar que se recuperan por cada tonelada de caña molida. Los costos de comercialización y ventas no están incluidos (se hará en el futuro). La diferencia entre el nivel de ingresos y los costos económicos operativos refleja el retorno que le queda al negocio para cubrir los costos indirectos, el riesgo y la administración central. De esta forma, un ingenio que maximiza utilidades puede establecer sus precios de transferencia y avanzar en definir los niveles de producción en cada uno de los centros de gestión.

Teniendo en cuenta que el objetivo del propietario es maximizar el flujo neto de fondos en efectivo, la división de fábrica, dado su nivel tecnológico, podría establecer con criterio económico cuánto estaría dispuesta a pagar a la división de cosecha por la materia prima recibida.

Este precio depende del nivel tecnológico de la fábrica en particular y de la calidad de la caña, la cual está asociada a la sacarosa medida en la báscula y a un nivel de materia extraña permisible. A su vez, la cosecha podría examinar su disposición de pagar a la división de campo por la caña producida; el pago estaría dado básicamente en función de la sacarosa en la mata y de las condiciones del cultivo que favorecen la producción de azúcar con costo bajo (p.e. no volcamiento o costos en corte y transporte), facilitando una alta recuperación de sacarosa a escala industrial.

El análisis consiste en definir cuánto se puede pagar a cada negocio intermedio por el producto que entrega, según el precio al cual se vende el azúcar (tomadores de precios en el mercado externo). En el caso del azúcar en Colombia, el mercado externo de la materia prima está conformado por los proveedores de caña; en este contexto no sólo existen niveles divisionales óptimos de producción sino niveles óptimos de insumo producido e insumo comprado.

Apartir de la fijación de los precios de transferencia en la producción de caña y azúcar la industria tendrá mejores criterios para tomar decisiones sobre el nivel de caña que puede absorber por parte de proveedores y sobre los términos de los contratos de compraventa de caña. La idea es valorar el azúcar aún no extraído en el campo, después de la cosecha, y ya extraído el jugo en los procesos de fábrica como meladura y como azúcar empacada.

Costos por factores

Otros análisis que se derivan de tener los costos acumulativos del proceso de producción de caña y azúcar, son: (1) importancia relativa de cada labor o proceso en toda la cadena de producción; (2) participación de cada factor productivo en el costo total de producción; (3) participación de cada factor productivo en cada labor o proceso específico; (4) examen del nivel de eficiencia técnica (cantidad de factor utilizado) y (5) examen del nivel de eficiencia distributiva (precio del factor) (Figura 27).

El uso de herramientas como el Generador de Presupuestos contribuye a incrementar los niveles actuales de ganancias monetarias al identificar las oportunidades de reducir o racionalizar los costos sin afectar negativamente la productividad, mediante un manejo más eficiente de los recursos (vía costos por factores) y las tecnologías disponibles.

Las comparaciones de costos en condiciones de igualdad, por ejemplo entre suertes homogéneas en sus características físicas naturales y de infraestructura o entre fábricas de similar tamaño, pueden señalar el manejo menos costoso, más productivo y más rentable, en el marco de un ejercicio de “benchmarking” doméstico.

El uso de herramientas como el Generador de Presupuestos contribuye a incrementar los niveles actuales de ganancias monetarias al identificar las oportunidades de reducir los costos sin afectar negativamente la productividad. Esto se logra con un manejo más eficiente de los recursos (vía costos por factores) y las tecnologías disponibles.

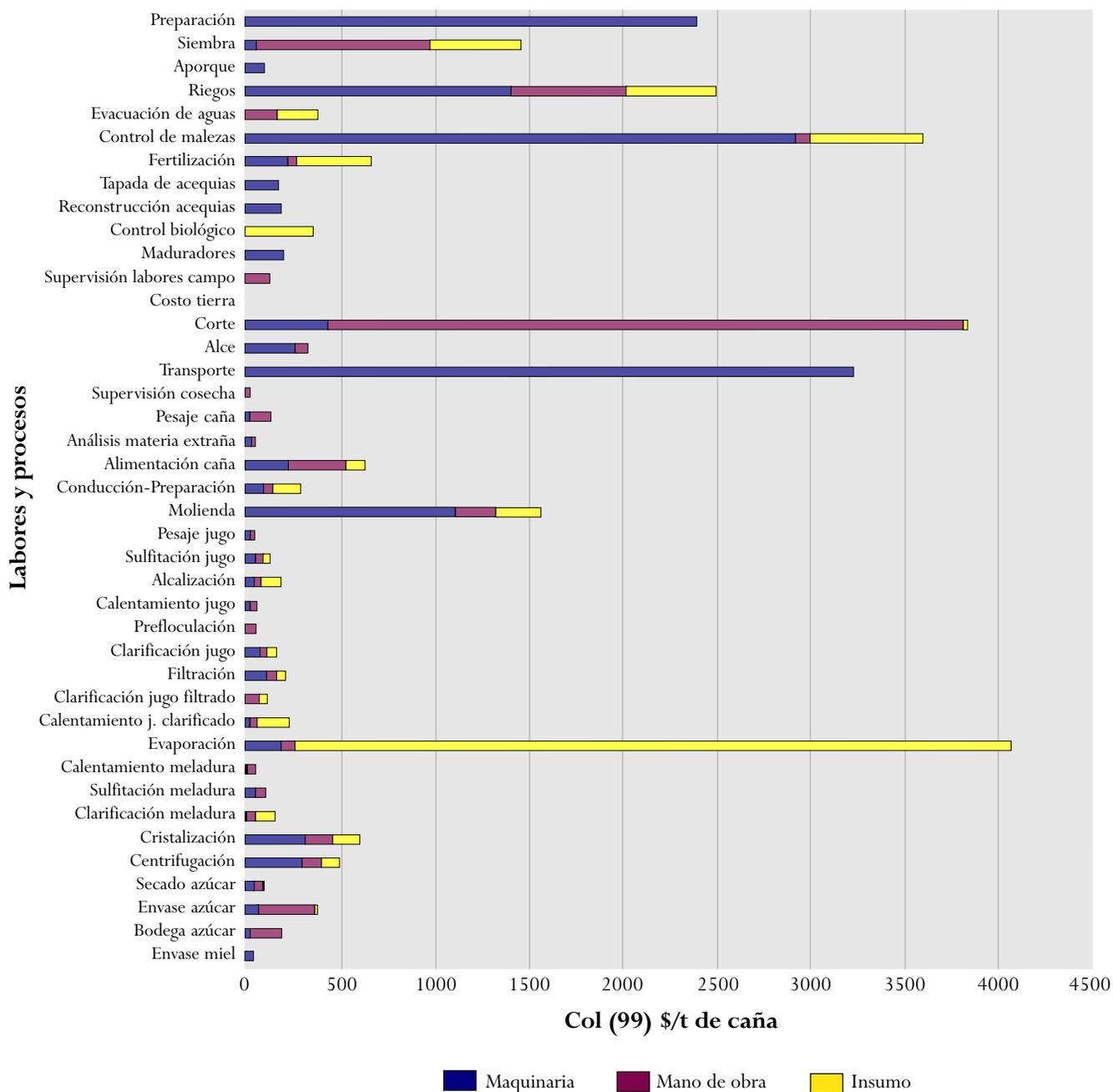


Figura 27. Costos de producción por labores y factores productivos para un negocio de integración vertical en un ingenio azucarero.

Manejo Individual de Suertes

La relación entre el valor de la producción en el mercado y el costo de usar los factores productivos determina el nivel de eficiencia técnica y económica de la actividad productiva en un sitio y un período específicos.

Para mejorar la productividad y la rentabilidad de la caña de azúcar en el valle del río Cauca, CENICAÑA trabaja en el desarrollo de un sistema de información y análisis estadístico y económico que identifique las tecnologías y prácticas específicas técnica y económicamente eficientes en suertes homogéneas agrupadas por sus características naturales y de infraestructura.

La caracterización de las suertes se ha realizado con base en el clima (promedios anuales de precipitación atmosférica y radiación solar), los suelos (8), la nivelación del terreno (con o sin), las condiciones de drenaje (bueno, regular, malo) y la disponibilidad de agua para riego en momentos críticos (suficiente, media, nula). Para identificar las mejores prácticas se requiere el registro y suministro sistemático de información sobre el uso de los factores productivos (costos unitarios por suerte) y las variables que inciden en la producción (variedad, clima y condiciones de humedad en el suelo en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo y al momento de la cosecha, tecnologías y decisiones administrativas de manejo agronómico, condición del cultivo por cosechar, entre otras). La selección de las mejores prácticas se basa en la calificación de los resultados de producción dentro de un grupo de suertes, con base en el análisis de cuartiles que es una comparación relativa a los resultados que se han obtenido en el pasado.

Sobre estas bases, con la información disponible en CENICAÑA y la cooperación del Ingenio Central Castilla se ha venido desarrollando el Sistema de Información para el Manejo de Caña Específico por Sitio (SIMCES).

Los primeros análisis han tenido en cuenta las siguientes variables: variedad, número de corte, edad, mes y año de cosecha, producción de caña (t/ha), y contenido de sacarosa en la mata. Con los datos de este ingenio entre 1996 y 1999 se confirmó que las características diferenciales de los grupos de suertes discriminan los resultados (Figura 28). Mayor radiación se refleja en mayor producción de caña con mejor contenido de sacarosa; de igual forma, la disponibilidad de suficiente agua para riego en épocas de sequía se refleja en mayor producción de azúcar por la vía de concentración de sacarosa.

Con los datos disponibles, los resultados por grupos de suertes homogéneas muestran que la variedad de caña es una de las variables que más inciden en la productividad de una suerte. Así, el primer paso es identificar la mejor variedad y luego afinar la tecnología que mejor la acompaña. En este ingenio se ha incorporado la información para apoyar la evaluación de los resultados productivos de las suertes, la ubicación de variedades y las decisiones de renovación.

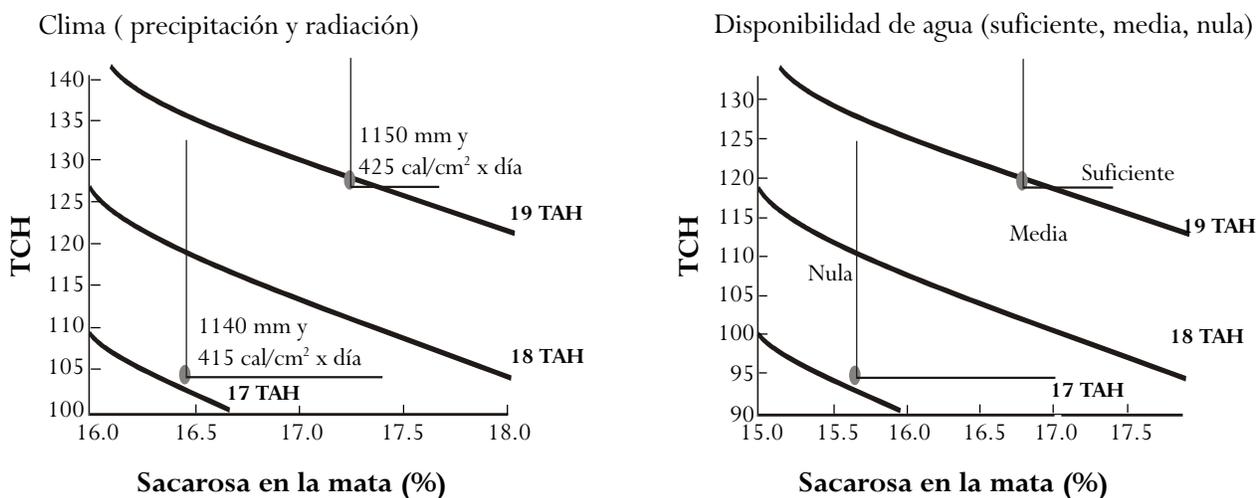


Figura 28. Comparación de resultados de producción comercial para sitios que difieren en clima y disponibilidad de agua.

Un agricultor que se enfrenta al problema de administrar unos recursos escasos en campos que ostentan una amplia diversidad debe tener la capacidad de reconocer las implicaciones de esta diversidad sobre el producto obtenido. Se ha constatado que las fluctuaciones en producción están influidas por factores que divergen en importancia relativa según el sitio. Algunas variables de manejo también inciden de forma diferente sobre la producción de caña y sobre la concentración de sacarosa (Cuadro 11). Se observa que la variabilidad de la producción de sacarosa en el sitio 20 se debe principalmente a la variedad, mientras en el sitio 123 expresa una relación más estrecha con el número de corte.

La inclusión de otras variables de observación en este tipo de análisis es fundamental para construir indicadores de costos que contribuyan a medir la eficiencia de las suertes de un grupo específico y así formular las prácticas que mejoren la rentabilidad del negocio.

El sistema también es útil para analizar los beneficios económicos y el potencial de difusión de los resultados experimentales. Un primer ejercicio se ha realizado con los datos de un experimento de fertilización con nitrógeno coordinado por el Programa de Agronomía de CENICAÑA en dos suertes del Ingenio Incauca. De acuerdo con el análisis, en un grupo homogéneo del sur del valle (caracterizado por precipitación, radiación, suelo, drenaje y riego) la mejor variedad es la MZC 74-275 fertilizada con 120 kg/ha mientras en otro es la V 71-51 con 160 kg/ha. En el primer caso la recomendación es válida para 64 suertes georreferenciadas y fácilmente identificables, mientras la segunda recomendación es extrapolable a 114 suertes.

Cuadro 11. Análisis de incidencia de cinco variables en los niveles de productividad de la caña de azúcar (TCH y sacarosa % caña en la mata) para cuatro grupos de suertes homogéneas.

Variable	TCH				Sacarosa % en la mata			
	GSH*-1	GSH-20	GSH-34	GSH-123	GSH-1	GSH-20	GSH-34	GSH-123
Mes de cosecha								
Año de cosecha								
Variedad de caña								
Número de corte								
Edad de corte								
Explicado (%)	98	58	77	81	94	56	65	72

Grado de incidencia de las variables				
Muy alto	Alto	Medio	Bajo	No incide

* GSH: Grupo de suertes homogéneas.

Sistemas de Información Geográfica – SIG

Los sistemas de información geográfica (SIG) son parte fundamental del desarrollo de una agricultura específica por sitio y CENICAÑA dedica un gran esfuerzo en esta área. El objetivo es tener nuevas herramientas tecnológicas que integran datos, análisis y aplicaciones que conducen al mejor manejo del cultivo referente a las variaciones en las condiciones ambientales en el espacio y el tiempo.

Un primer paso del desarrollo de un sistema de agricultura específica por sitio es lograr una descripción completa de las diferentes condiciones del cultivo. Con este fin se capturó toda la información posible de los planos digitales, al nivel de suerte, de las áreas sembradas con caña de azúcar. Después de tres años de trabajo por parte de los ingenios y de CENICAÑA contamos con el 93% del área cultivada con caña cubierta en el SIG. De aquí en adelante, la actualización y complemento de estos planos serán responsabilidad de los ingenios y cultivadores pero CENICAÑA mantendrá actualizada la información suministrada por los ingenios y cultivadores en su base de datos.

Para facilitar el intercambio y análisis de la información se necesita un sistema uniforme de registro. Con este propósito, CENICAÑA ha participado con el comité ICONTEC en la elaboración de las diferentes normas para el establecimiento, mantenimiento y desarrollo de los SIG. Actualmente el primer Catálogo de Objetos Geográficos Básicos del Sector Azucarero proporciona el marco de trabajo normalizado para organizar y reportar cualquier conjunto de datos geográficos básicos para aplicaciones

del SIG en el sector. El siguiente paso será definir la simbología de los objetos geográficos y los atributos básicos que deben incluirse a cada objeto, con el fin de facilitar el intercambio de datos y las actividades entre los ingenios, cultivadores y CENICAÑA.

Se complementa la información de los datos geográficos con información del clima, los suelos y resultados de la producción comercial. Se están desarrollando mecanismos para asegurar que los ingenios y proveedores tengan fácil acceso a esta información en forma interactiva y georreferenciada, como una herramienta útil para tomar decisiones.

Como las condiciones y el clima en los cuales se produce caña son tan variables, el SIG es un medio apropiado para mostrar los análisis de la producción comercial. El Centro recibe de los ingenios los datos de la producción de cada año, los cuales analiza de forma agregada y por ingenios y zonas (norte, centro, sur). Con las herramientas del SIG es posible analizar la producción de caña y el rendimiento comercial en términos de variables como el suelo y el clima durante el período de desarrollo del cultivo. Se ha implementado la presentación de la información en mapas temáticos de producción de caña, rendimiento comercial, edad, variedad, entre otros, y se presentan las variaciones espaciales y temporales de los principales parámetros de producción.

Caracterización del Clima

En el valle del río Cauca la caña de azúcar se cultiva durante todo el año y un agricultor puede tener cañas de diferentes edades en un momento dado. La consecuencia más importante de esta característica es que el campo no se puede administrar de manera general, dado que las distintas épocas configuran diversos climas y los distintos sitios sembrados configuran diversos escenarios agroecológicos. Lo anterior implica que en algunas regiones y en determinados períodos la producción de caña y azúcar debe ser más rentable que en otros. Si el agricultor o el ingenio pudiesen dirigir sus esfuerzos a manejar más eficientemente estas variaciones podrían lograr una producción y unos beneficios económicos más estables.

La producción de caña y la sacarosa en caña son afectadas por los cambios en el clima, igualmente la operación de las fábricas y las labores de cosecha se hacen más fáciles y de menor costo en períodos secos. Como un primer paso para predecir con alguna anticipación los períodos de sequía o de lluvias intensas, es necesario caracterizar el clima en el pasado y relacionarlo con fenómenos como El Niño y La Niña.

Si logramos conocer con antelación los efectos que pueden tener sobre el clima regional los fenómenos climáticos de El Niño y La Niña, entonces tendremos más elementos de análisis para planear las actividades productivas de un año determinado.

El sector azucarero es vulnerable a las condiciones extremas de clima. Fenómenos climáticos como El Niño y La Niña pueden incidir dramáticamente en la productividad del sector. Conocer con anticipación los efectos que sobre el clima puedan tener estos fenómenos permitiría al sector prever sus niveles de producción, daños sobre los campos por cosecha en tiempo lluvioso, áreas a renovar, suertes que se deban drenar o a las cuales se deba aplicar riego, y así planear mejor sus actividades.

Utilizando datos climatológicos de dos estaciones con más de 20 años de registros diarios cada una, se analizó el comportamiento de las variables climatológicas locales en condiciones climáticas normales, El Niño y La Niña. Se hicieron las correlaciones entre las anomalías climáticas locales y los parámetros que caracterizan los eventos El Niño y La Niña. Se analizó el rezago (retardo) del efecto de ambos fenómenos en el Pacífico tropical sobre las condiciones climáticas en el valle del río Cauca. Están por establecerse las diferencias entre anomalías climáticas locales en distintas zonas del área de influencia del cultivo de la caña. Esta información constituye la base con la cual se puede desarrollar una metodología para pronosticar el clima regional a mediano plazo.

Con la información registrada en la red de 28 estaciones meteorológicas automatizadas de la región cañera se están caracterizando las variables climáticas en términos de probabilidad de ocurrencia de eventos. La metodología de caracterización se desarrolló en las tres estaciones con mayor información histórica sobre radiación solar, temperatura del aire y precipitación atmosférica. Para la estación meteorológica CENICANÑA (latitud $3^{\circ} 21' 46.6''$ y longitud $76^{\circ} 18' 13.3''$) el evento de precipitación decadal con mayor probabilidad es el de no precipitación (0 mm). Entre los meses de junio y septiembre se presentan las más altas frecuencias relativas (entre 65% y 80%) de que no llueva durante un periodo de diez días. El evento de lluvia más probable cada diez días es el de precipitaciones menores de 20 mm (Figura 29).

Los eventos de radiación decadales menores o iguales a $200 \text{ cal/cm}^2\text{día}$ y mayores a $600 \text{ cal/cm}^2\text{día}$ se presentan con baja frecuencia relativa; por el contrario los eventos entre $(400-500] \text{ cal/cm}^2\text{día}$ y aquellos entre $(300-400] \text{ cal/cm}^2\text{día}$ se presentan con mayor probabilidad. Para el primer semestre las probabilidades de ocurrencia de radiación entre $(400-500] \text{ cal/cm}^2\text{día}$ son mucho más altas en la primera época seca que en la primera época lluviosa, mientras que en el segundo semestre las probabilidades de ocurrencia del mismo evento son prácticamente similares en las dos épocas (Figura 30).

Los estudios sobre los efectos de El Niño y La Niña se complementan con la caracterización de las variables climáticas en términos de la probabilidad de ocurrencia de eventos en momentos y áreas específicas.

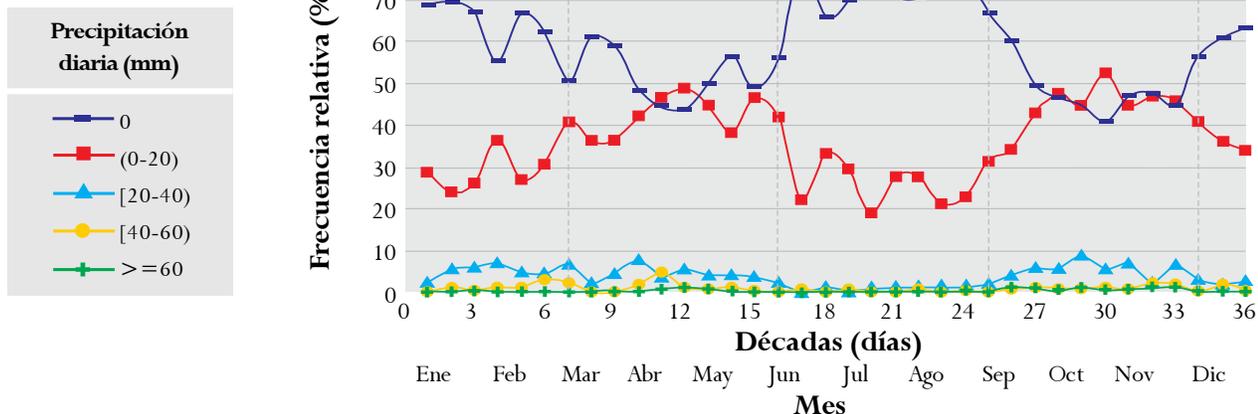


Figura 29. Frecuencia relativa por década para diferentes eventos de precipitación atmosférica diaria (mm) en la estación meteorológica CENICAÑA. Período 1982-1998.

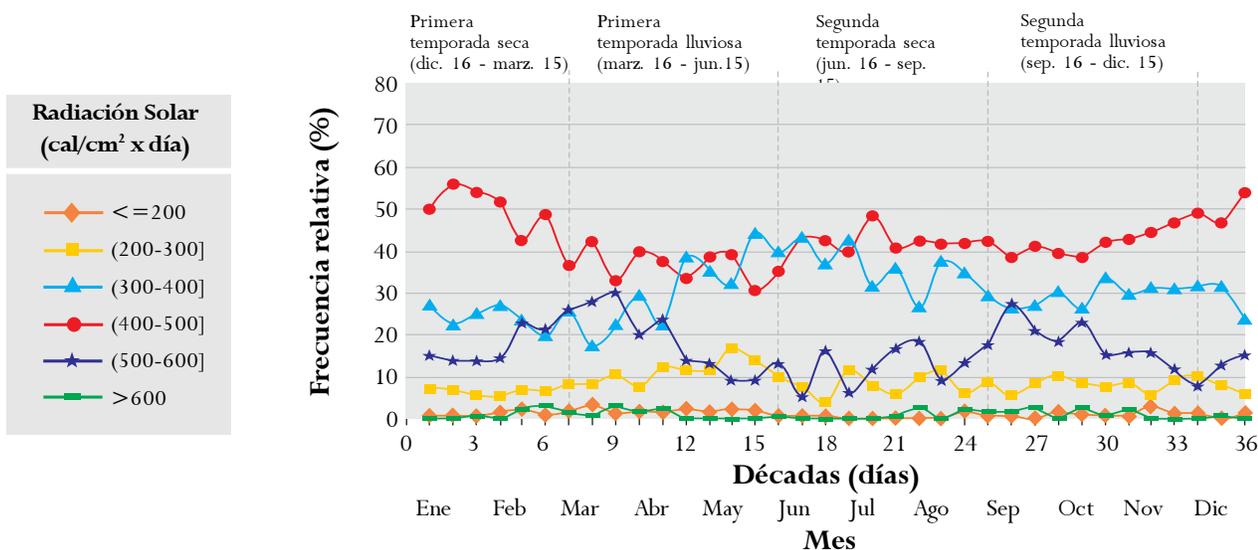


Figura 30. Frecuencia relativa por década para diferentes eventos de radiación solar (cal/cm²x día) en la estación meteorológica CENICAÑA. Período 1982-1998.

Esta metodología aplicada a lo largo y ancho del valle ayudará a ubicar y aprovechar *ventanas de oportunidad del clima*, en el sentido de sembrar y cosechar la caña cuando se obtenga el mayor beneficio de las variables de clima.

En el futuro estaremos integrando estas variables en los modelos para toma de decisiones y se explotará el uso de herramientas matemáticas más sofisticadas para establecer mejor la interacción entre el suelo y las variables de clima y sus efectos combinados sobre la producción de caña.

Desarrollo del Cultivo

Es necesario conocer los patrones de desarrollo del cultivo para empezar a trabajar en modelos de predicción de la producción y establecer el efecto de variables como la edad sobre la producción. Para comparar el desempeño de las variedades de caña se debe conocer las características de crecimiento en las diferentes condiciones agroecológicas.

Para describir el desarrollo de la planta de caña en condiciones relativamente constantes, inicialmente se llevó a cabo un experimento para observar el crecimiento de tres variedades en una determinada época de siembra, con dotación suficiente de agua y nutrientes y relativamente libre de plagas y enfermedades. La acumulación de biomasa total aérea por cepa (base materia seca) en función de la edad muestra un crecimiento de tipo logístico muy similar para las variedades CC 85-92, CC 85-68 y MZC 74-275; después de cierta edad, la producción de caña tiende a alcanzar un valor máximo que depende de la variedad (Figura 31).

De igual forma, la biomasa total por cepa (base materia seca) compuesta por los tallos y el follaje (hojas más yaguas) presenta una variación continua en su distribución durante el ciclo vegetativo. El punto notable de esta distribución de biomasa es que una pequeña fracción de biomasa representada como follaje (10%) mantiene una alta fracción de

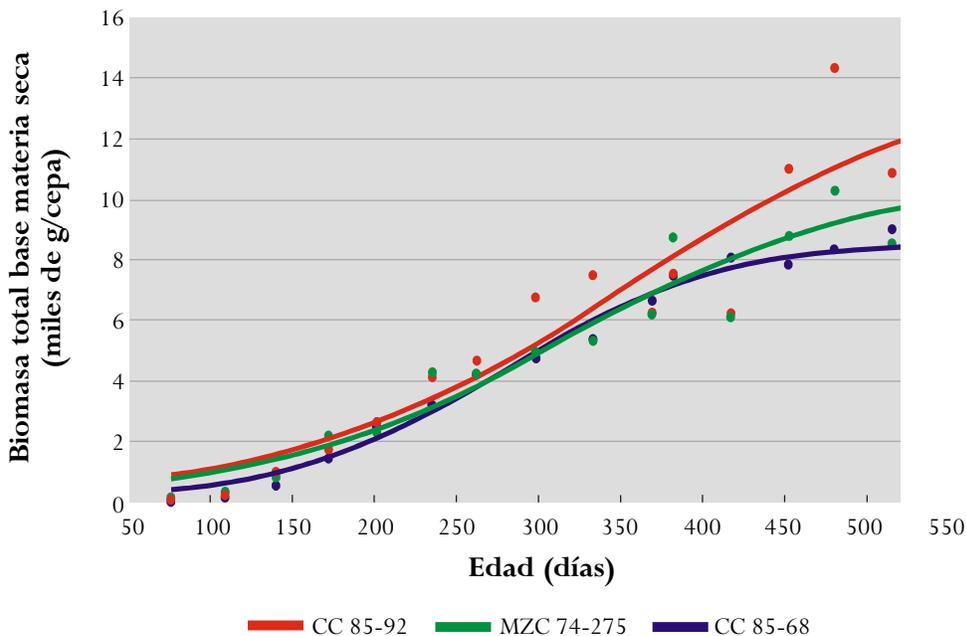


Figura 31. Acumulación de biomasa aérea total en función de la edad del cultivo en tres variedades de caña de azúcar.

biomasa representada en tallos (90%) durante las últimas etapas del desarrollo (Figura 32). El porcentaje de sacarosa del cultivo (base materia seca del tallo) aumenta con la edad, alcanzando su valor máximo de 47 a 52% en las tres variedades entre los 450 y 480 días. Es solamente después de las etapas iniciales del crecimiento que se almacenan cantidades significativas de sacarosa en los tallos (Figura 33).

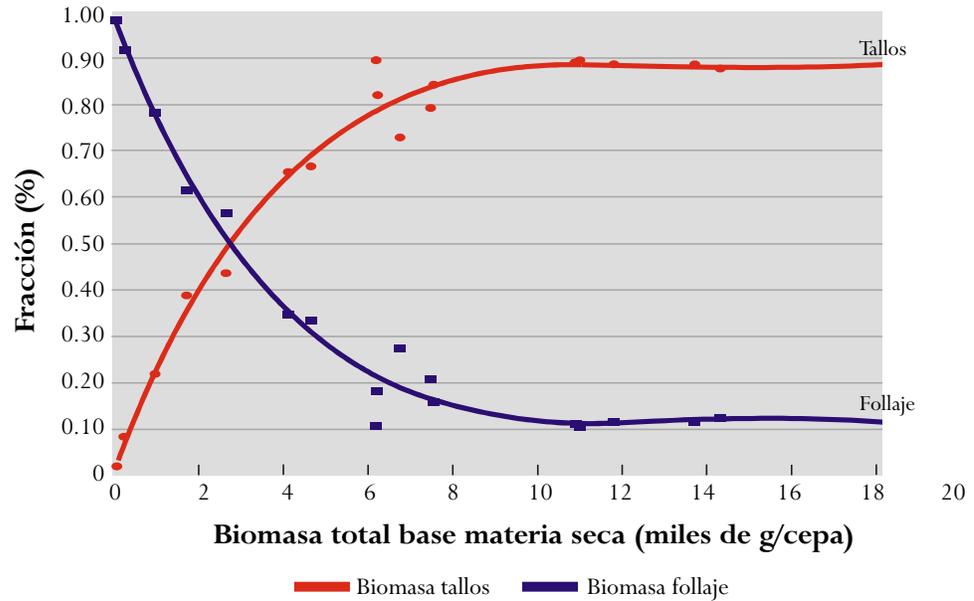


Figura 32. Distribución de los componentes de la biomasa durante el ciclo vegetativo de la variedad CC 85-92 (plantilla).

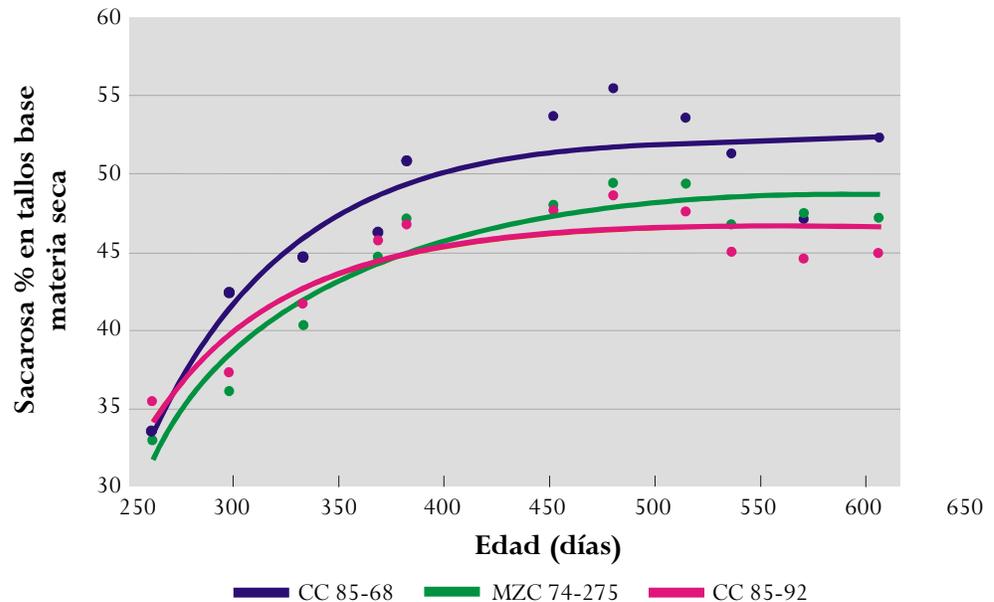
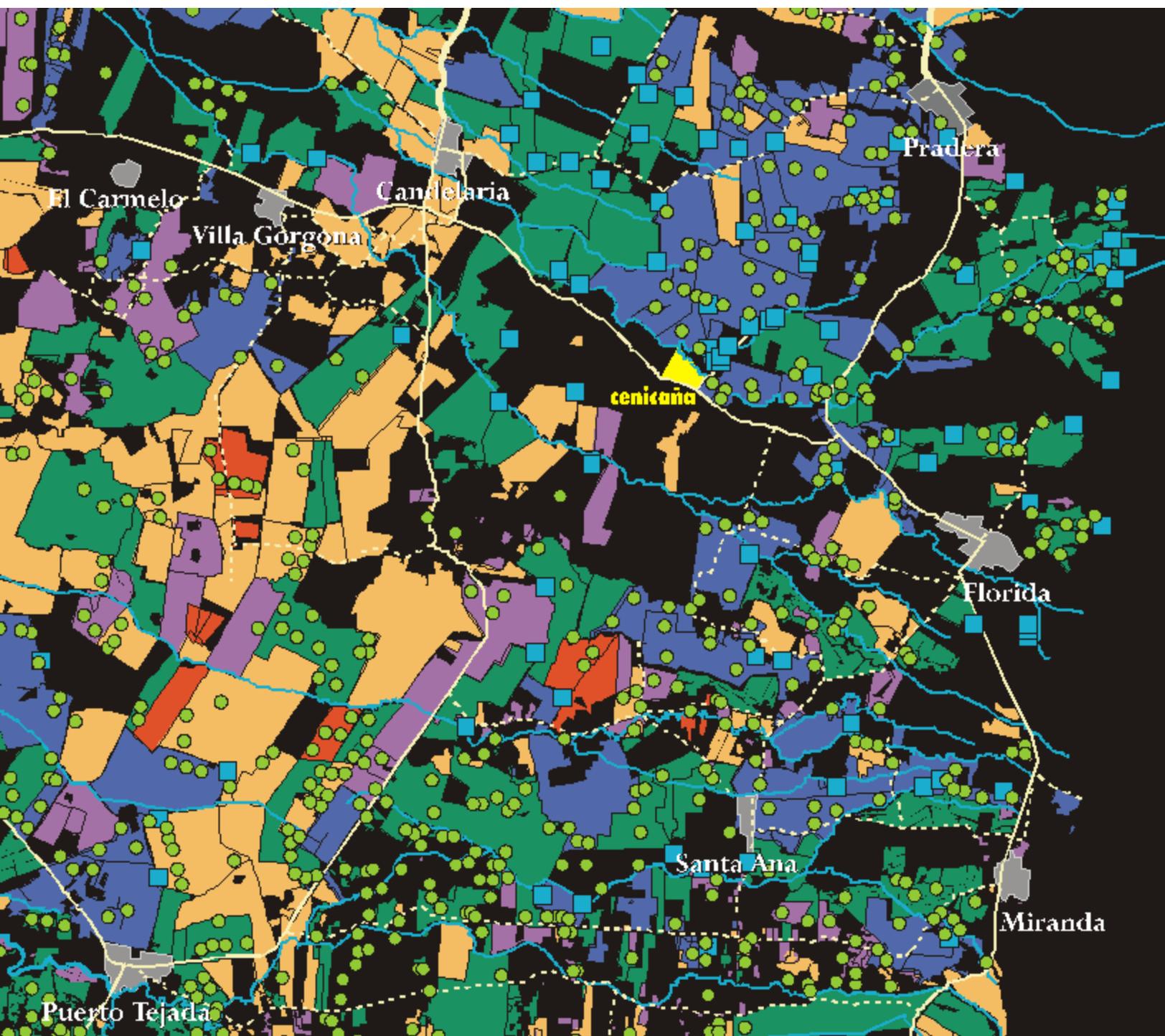


Figura 33. Acumulación de sacarosa % en tallos (base materia seca) en función de la edad del cultivo para tres variedades de caña de azúcar (plantillas).

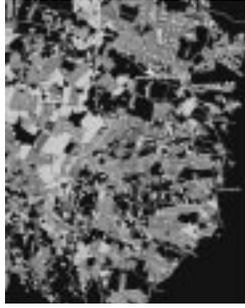


Distribución del área sembrada con CC 85-92 según subgrupo de productores - 1999

Subgrupo	Área	
	(%)	(ha)
MID-1	15.5	7845
PV-1	14.8	3875
PV-2	22.5	15,921
MD-2	21.2	11,683
PV-3	26.0	3955
Total		43,279

● Sitio de cosecha de la variedad CC 85-92 en el valle del río Cauca en 1999

Mercadeo de Tecnología



Misión

Impulsar y acelerar el uso de tecnologías de campo y fábrica, productivas y rentables, que contribuyan a aumentar la competitividad y sostenibilidad de la industria agrícola del azúcar.

Estrategia

Para desarrollar la misión del macroproyecto se sigue el enfoque de la mercadotecnia social, la cual promueve tanto ideas como prácticas y su propósito último es influir en la conducta de adopción de los usuarios potenciales de las nuevas tecnologías. De acuerdo con este concepto, la clave para alcanzar metas de adopción consiste en determinar las necesidades y carencias de los mercados objetivo.

La mercadotecnia social representa un avance sobre las estrategias tradicionales de cambio, que generalmente usan sólo la publicidad en vez de detectar las características y necesidades de los destinatarios para luego diseñar campañas adaptadas a ellos. Tiene en cuenta las creencias, actitudes, valores, ideas y conducta de los destinatarios y combina los mejores elementos de los enfoques tradicionales en un marco integrado de planeación e instrumentación de programas efectivos, al tiempo que introduce los avances en la tecnología de las comunicaciones y en las técnicas de comercialización.

La estrategia consiste en segmentar a los destinatarios de las tecnologías en grupos homogéneos para, con ellos, investigar los patrones de difusión y adopción de éstas; validar las innovaciones tecnológicas con los usuarios potenciales y proporcionar a los investigadores información básica sobre necesidades de nuevos desarrollos o ajustes a la tecnología actual; fortalecer los mecanismos y medios de comunicación con los destinatarios de la tecnología —incluyendo la comunicación directa— y la prestación de servicios especializados necesarios para la adopción; así mismo, establecer sistemas de seguimiento dinámico de la tecnología en uso para realimentar los procesos de investigación, transferencia y adopción.

Productos esperados

- Información básica sobre los destinatarios de la tecnología
- Segmentación de los destinatarios de la tecnología en grupos homogéneos
- Información básica sobre adopción, uso e impacto de la nueva tecnología

- Tecnología validada en condiciones comerciales de producción
- Software para el seguimiento de la tecnología específica por sitio utilizada en la producción de caña
- Programas integrales de comunicación
- Grupos de cañicultores organizados en red para la transferencia de tecnología

Información Básica sobre los Destinatarios de la Tecnología

En 1996 CENICAÑA introdujo el estudio de la participación del ser humano en las estructuras de producción de caña y azúcar como parte de su estrategia para incrementar la velocidad de adopción de nuevas tecnologías. Ese año realizó un censo de los productores de caña y a partir de su actualización a diciembre 31 de 1998 conformó grupos de productores diferenciados entre sí de acuerdo con los niveles de difusión de siete tecnologías de producción (tipificación). Los niveles de difusión en los diferentes grupos se encontraron asociados con las características socio-económicas y culturales de los productores que los integran (4).

A partir de los grupos conformados se diseñó una muestra regional de productores de caña y con ellos se recolectó en 1999 la información de base para caracterizar los patrones del comportamiento de adopción y las condiciones de comunicación para la transferencia. Con los productores de la muestra se continuarán los estudios de seguimiento dinámico sobre la adopción de tecnología agrícola en el sector azucarero.

De igual forma, en 1996 se censó al personal de profesionales, tecnólogos y mayordomos de las áreas de administración, campo, cosecha y fábrica de los ingenios azucareros. Se identificó la participación de cada uno en las decisiones sobre adopción y uso de tecnología, la importancia que atribuyen al cambio técnico y al mejor uso de la tecnología actual para mejorar la productividad azucarera, los criterios de selección de nuevas tecnologías y las fuentes y medios de comunicación y capacitación técnica preferidos.

Finalmente, en 1999 se entrevistó a las personas de nivel directivo en los ingenios con el objeto de caracterizar sus necesidades de información y su rol en los procesos de comunicación para la toma de decisiones de adopción tecnológica.

El censo se actualiza cada año con información reportada por los ingenios. Los datos se almacenan en la aplicación CENPRO, desarrollada por CENICAÑA con una estructura relacional que prevé su integración al sistema de información institucional (Figura 34).

Con los productores de caña de la muestra regional azucarera se recolectó la información de base para caracterizar los factores que influyen en el comportamiento de adopción y las condiciones de comunicación para la transferencia de tecnología. Ellos serán la fuente de información para los estudios de seguimiento sobre la dinámica del cambio técnico en la producción de caña.

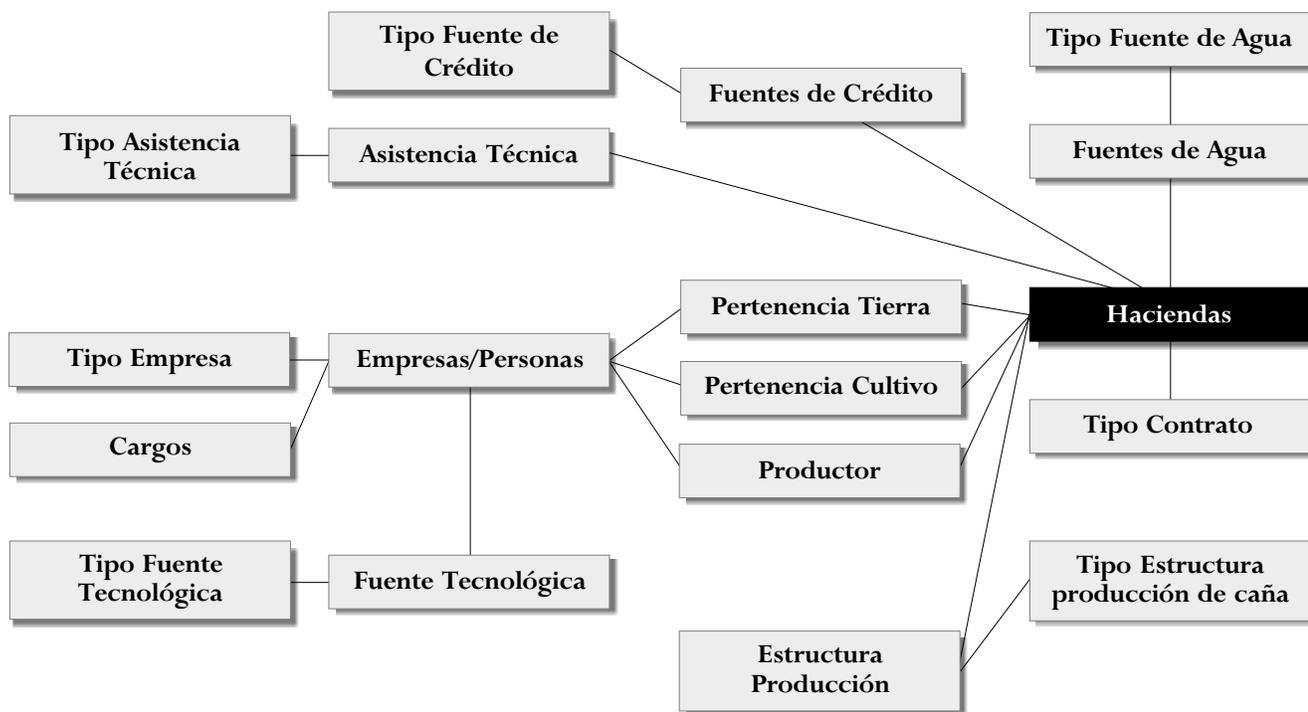
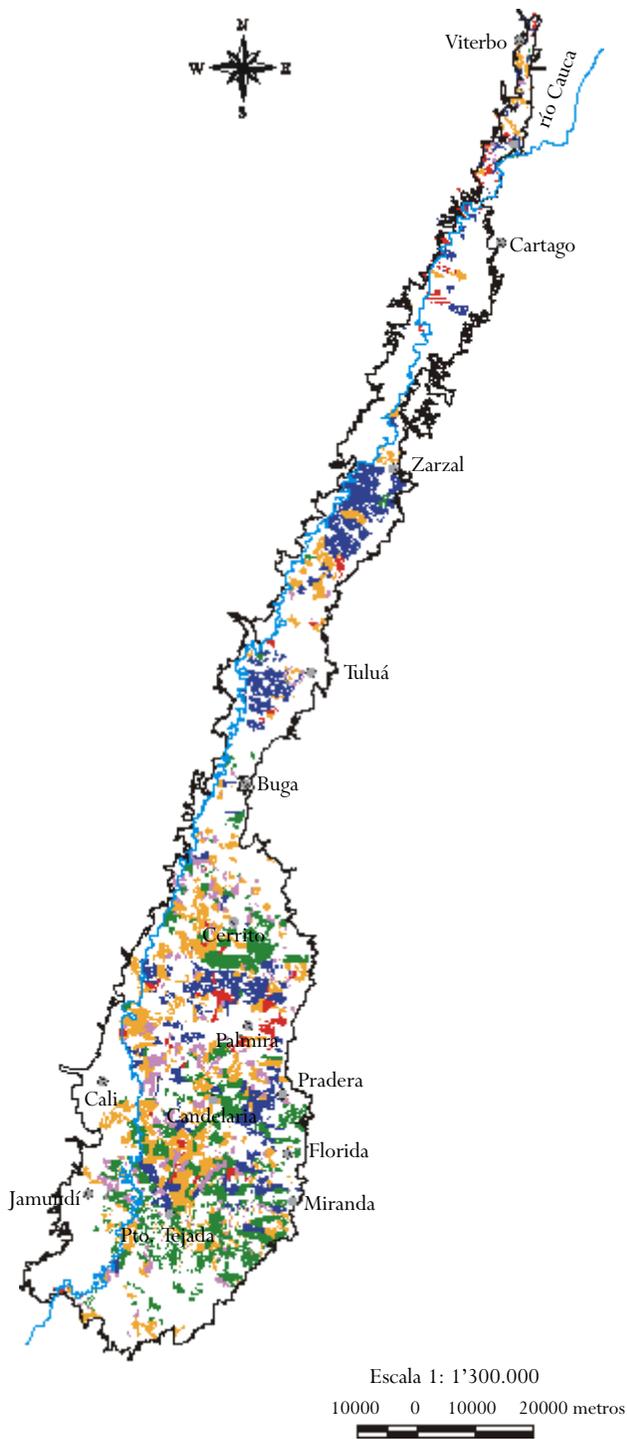


Figura 34. Diagrama entidad-relación de la base de datos CENPRO, desarrollada por CENICAÑA en lenguaje DELPHI versión 4.0 (Borland®) para cliente-servidor.

Distribución geográfica de los segmentos de productores

Utilizando el nivel de difusión de tecnología como criterio de segmentación, los productores se clasificaron en dos grandes grupos (G1 y G2). El G1 reúne el 75% de las unidades productivas y el 68% del área sembrada; entre 1996 y 1999 este grupo reportó producciones de caña y rendimientos en azúcar inferiores a los del G2, grupo que congrega el 15% de las haciendas y el 32% del área. Luego de un análisis descriptivo que tomó en cuenta la escolaridad de los productores y el tipo de tenencia del cultivo el G1 se dividió en tres subgrupos y el G2, en dos. Mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) se generó un mapa con la distribución espacial de los subgrupos de productores. CENICAÑA tiene planos digitales del 93% del área cultivada con caña de azúcar en el valle del río Cauca (Figura 35).

Posteriormente, las unidades productivas de cada subgrupo se asociaron con las zonas agroecológicas para el cultivo, zonificación basada en el isobalance hídrico y los grupos de manejo de suelos establecidos por CENICAÑA.



Productores y haciendas del Grupo 1

MD-1, cultivo con manejo directo de ingenio.

395 haciendas, con 102 ha netas en caña en promedio.
 Área total 40,290 ha: 92% con riego; 57% con surco alterno; 0.9% con balance hídrico; 2.1% con labranza reducida; 75% con maduradores; 70% con algún tipo de infraestructura de drenaje; 71% con macronivelación.
 100% del área con asistencia técnica institucional.
 Edad de los productores: 66% entre 31 y 40 años, 21% entre 41 y 50 años.
 100% con educación universitaria.

PV-1, cultivo con manejo de proveedor de caña.

389 haciendas, con 53 ha netas en promedio.
 Área total 20,617 ha: 91% con riego; 7% con surco alterno; 0% con balance hídrico; 0.4% con labranza reducida; 80% con maduradores; 68% con algún tipo de infraestructura de drenaje; 79% con macronivelación.
 87% del área con asistencia técnica institucional, 7% con asistencia particular y 6% sin asistencia técnica.
 Edad de los productores: 26% entre 41 y 50 años, 30% entre 51 y 60 y 23% más de 60 años.
 24% con educación básica primaria y 76% con básica secundaria.

PV-2, cultivo con manejo de proveedor de caña.

623 haciendas, con 88 ha netas en caña en promedio.
 Área total 55,136 ha: 97% con riego; 28% con surco alterno; 0% con balance hídrico; 1.6% con labranza reducida; 85% con maduradores; 76% con algún tipo de infraestructura de drenaje; 82% con macronivelación.
 77% del área con asistencia técnica institucional, 19% con asistencia particular y 4% sin asistencia técnica.
 Edad de los productores: 36% entre 31 y 40 años y 33% entre 41 y 50 años.
 100% con educación universitaria.

Productores y haciendas del Grupo 2

MD-2, cultivo con manejo directo de ingenio.

358 haciendas, con 121 ha netas en caña en promedio.
 Área total 43,497 ha: 99% con riego; 70% con surco alterno; 99% con balance hídrico; 6% con labranza reducida; 88% con maduradores; 88% con algún tipo de infraestructura de drenaje; 95% con macronivelación.
 100% del área con asistencia técnica institucional.
 Edad de los productores: 48% entre 31 y 40 años y 33% entre 41 y 50 años.
 100% con educación universitaria.

PV-3, cultivo con manejo de proveedor de caña.

116 haciendas, con 103 ha netas en caña en promedio.
 Área total 11,716 ha: 99.8% con riego; 51% con surco alterno; 60% con balance hídrico; 17% con labranza reducida; 93% con maduradores; 94% con algún tipo de infraestructura de drenaje; 98% con macronivelación.
 73% del área con asistencia técnica institucional, 23% con asistencia particular y 4% sin asistencia técnica.
 Edad de los productores: 40% entre 41 y 50 años y 26% entre 51 y 60 años.
 1% con educación básica primaria, 17% con básica secundaria y 82% con educación universitaria.

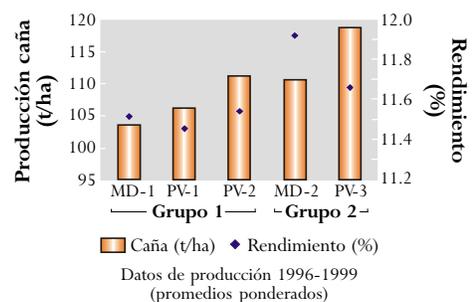


Figura 35. Distribución espacial de haciendas cañeras según subgrupo de productores. Valle del río Cauca, 1998.

A manera de ejemplo se presentan, para dos zonas, el número de unidades productivas y el área sembrada por cada segmento de productores (Cuadro 12). Debido a que en una hacienda pueden converger dos o más zonas agroecológicas, en la aplicación CENPRO se asignó a cada hacienda la zona presente en más del 60% del área de ésta.

La caracterización del espacio geográfico en cuanto a las estructuras productivas y socioeconómicas subyacentes a la actividad azucarera es un propósito que demanda no sólo bases de datos relevantes y dinámicas sino, especialmente, capacidad de análisis para generar información útil. CENICAÑA se propone avanzar por esta ruta para llegar a dirigir información técnica diferenciada según el tipo de productor, sus necesidades específicas y las particularidades que definen el espacio productivo donde actúa.

Cuadro 12. Distribución de unidades productivas y área sembrada con caña de azúcar en dos zonas agroecológicas para el cultivo, por subgrupo de productores. Valle del río Cauca, 1998.

Zona agroecológica	Subgrupo de productores	Unidades productivas	
		No.	Área total (ha)
D466 (34,374 ha) Déficit hídrico entre 400 y 600 mm y suelos clasificados en el grupo de manejo 6 (suelos arcillosos, imperfectamente drenados y de alta fertilidad. Vertisoles secos: Galpón-GL, Herradura-HE, Esneda-ES).	PV-2	56	3959
	PV-1	43	2200
	MD-1	41	2811
	MD-2	35	2663
	PV-3	11	777
D462 (31,378 ha) Déficit hídrico entre 400 y 600 mm y suelos clasificados en el grupo de manejo 2 (suelos moderadamente profundos, bien drenados y de alta fertilidad. Mollisoles e Inceptisoles secos: Manuelita-MN, Guadualito-GU, Río Cauca-RC, Coke-CK).	PV-2	59	3792
	PV-1	29	1309
	MD-2	18	989
	MD-1	14	877
	PV-3	3	292

Caracterización de base

La caracterización o diagnóstico de base proporciona información primaria sobre la tecnología en uso y sobre los factores socioeconómicos que componen las estructuras de producción de caña y azúcar y su influencia en el comportamiento de adopción de tecnología.

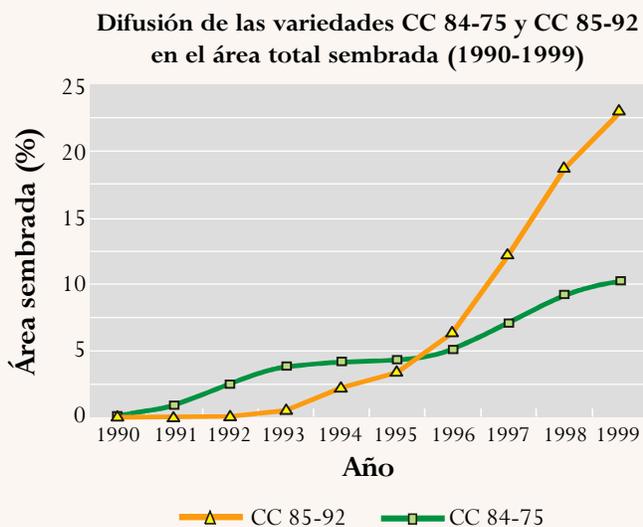
Durante 1999 se colectó información básica en 119 unidades productoras de caña donde se llevaron a cabo observaciones directas y entrevistas formales con los productores y sus colaboradores. La caracterización se realiza con énfasis en la difusión y adopción de cuatro variedades de caña CENICAÑA Colombia (CC) y del paquete tecnológico de manejo agronómico promovido y divulgado por el centro de investigación.

Para cada etapa del cultivo se registraron: (a) tecnologías en uso y formas de uso; (b) razones de uso o no de la nueva tecnología; (c) niveles de conocimiento, fuentes y medios de información y capacitación por tecnología de productores y mandos medios; (d) condiciones de comunicación técnica de productores y mandos medios y al interior de las unidades productivas; (e) uso actual y potencial de servicios especializados: asistencia técnica, análisis de suelos, diagnóstico de plagas y enfermedades, información meteorológica y bibliográfica, análisis estadístico; (f) fuentes de financiación utilizadas; (g) tipo de vinculación, especialización y capacitación de obreros agrícolas; (h) conocimiento de los productores acerca de la legislación ambiental vigente, como un aspecto determinante para la adopción de tecnologías en el presente y el futuro. La representatividad de la muestra se validó con los datos de las variedades y la producción por suerte de caña que el Programa de Análisis Económico y Estadístico de CENICAÑA recolecta, procesa, publica y almacena desde 1990.

También se avanzó en la caracterización del personal de los ingenios, especialmente en relación con las condiciones de comunicación para la transferencia.

A continuación se presentan algunos resultados de la primera aproximación a la caracterización de base. Con el análisis completo será posible identificar los temas prioritarios y las características de la comunicación para el desarrollo de programas integrales de transferencia tecnológica en el sector.

Difusión de las variedades CC 85-92 y CC 84-75



Al finalizar 1999 los ingenios y cañicultores del valle del río Cauca habían acumulado 43,300 hectáreas sembradas con la variedad CC 85-92 y 19,350 con la variedad CC 84-75. Aunque entre 1990 y 1995 el área con 84-75 era superior al área con 85-92, a partir de 1996 la importancia de esta última comenzó a aumentar. La mayor tasa de crecimiento anual para ambas variedades ocurrió entre 1995 y 1999.



Variedad CC 84-75

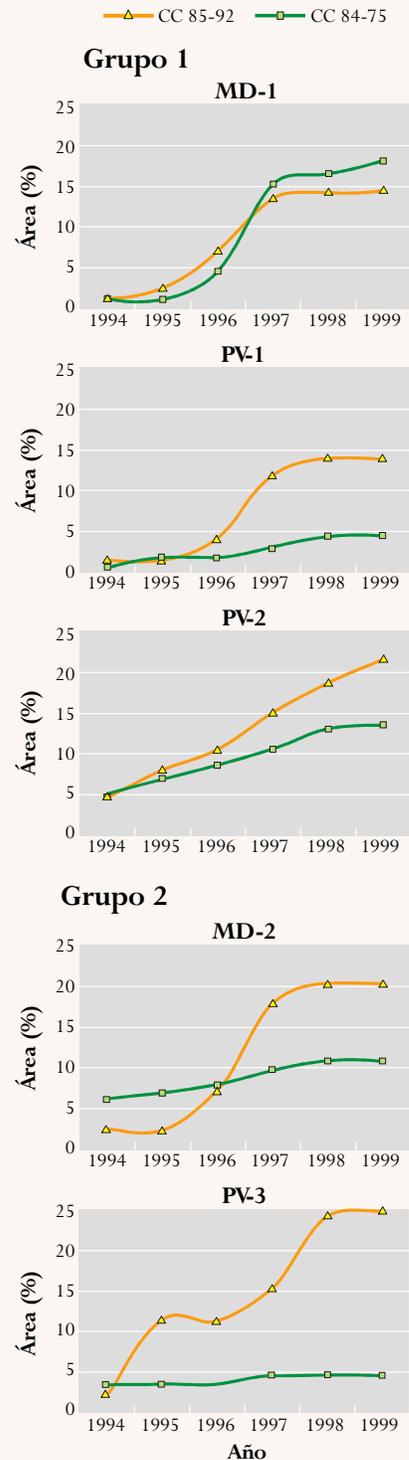
Las curvas de difusión de las variedades en el área sembrada por los diferentes subgrupos de productores muestran que, excepto en el caso del segmento MD-1, la variedad preferida es CC 85-92. El segmento PV-3 acumula el mayor porcentaje de área con esta variedad en comparación con los demás subgrupos y, junto con el PV-1, ha mantenido la CC 84-75 en menos del 5% del área. El segmento PV-2 ha sostenido un ritmo creciente de siembras con ambas variedades, igual que el MD-1, pero a diferencia de este último ha optado más por la CC 85-92, incluso en 1999, año durante el cual los demás segmentos incrementaron muy poco el área con la variedad. El subgrupo MD-2 aumentó la CC 85-92 especialmente entre 1995 y 1997, para llegar a ser en 1999 el tercero en área sembrada. Durante el mismo período, el PV-1 también aumentó el área con CC 85-92 pero en un porcentaje menor.

En 1999 la variedad CC 85-92 estaba sembrada en el 50% de las unidades productoras de caña en el valle del río Cauca y la CC 84-75 en el 34%.



Variedad CC 85-92

Difusión de las variedades CC 84-75 y CC 85-92 por subgrupo de productores (1994-1999)



DATOS CARACTERIZACIÓN DE BASE, 1999.

Uso de sistemas de programación de los riegos

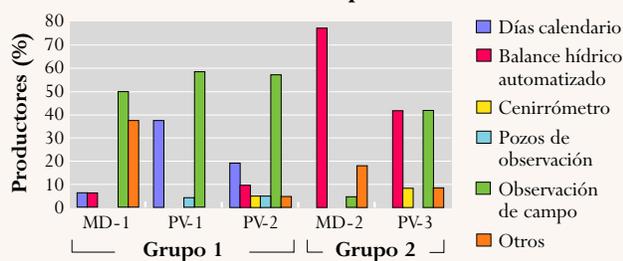
El riego es una práctica generalizada en el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca, que se realiza en el 99% del área sembrada. Los cañicultores utilizan diferentes sistemas para programar los riegos, desde observaciones directas en el campo y días calendario (períodos predeterminados entre una aplicación y otra) hasta sistemas fundamentados en la metodología del balance hídrico.

CENICAÑA ha ajustado la metodología de balance hídrico al cultivo de la caña en los suelos del valle del río Cauca y ha desarrollado dos herramientas para su aplicación: el tanque Cenirrómetro y el Balance Hídrico Automatizado. También recomienda el seguimiento del nivel freático mediante pozos de observación como indicador de la humedad en el suelo y necesidades de riego en un momento dado.

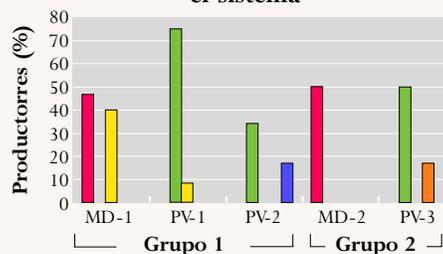
La observación de campo es el sistema más utilizado por tres de los cinco segmentos de productores (MD-1, PV-1 y PV-2). Es un sistema empírico y, como tal, algunos productores lo usan por tradición; la mayoría considera que es sencillo y fácil de usar. El balance hídrico automatizado se utiliza en más del 75% de las unidades productivas que integran el segmento MD-2 y en más del 40% de las que componen el PV-3. Las razones para usarlo se basan en que el sistema facilita el registro del manejo del cultivo y es fácil de adoptar.

Los productores que no han adoptado el balance hídrico tienen distintas razones para ello. En los segmentos MD la razón principal es que no existe información sobre las constantes de humedad del suelo; en los PV, la falta de conocimiento sobre el sistema.

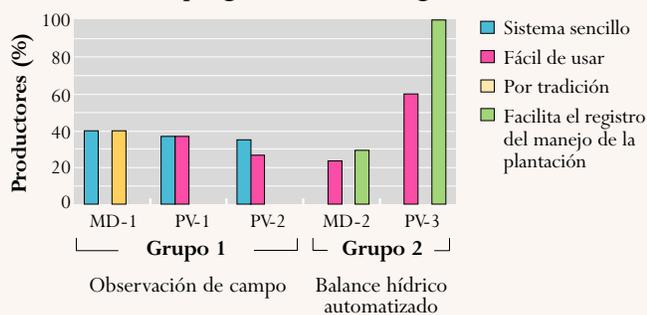
Sistemas de programación de los riegos utilizados en las unidades productivas



Dos razones principales para no usar el Balance Hídrico Automatizado expresadas por los productores de caña que no han adoptado el sistema



Dos razones principales para usar el actual sistema de programación de riegos



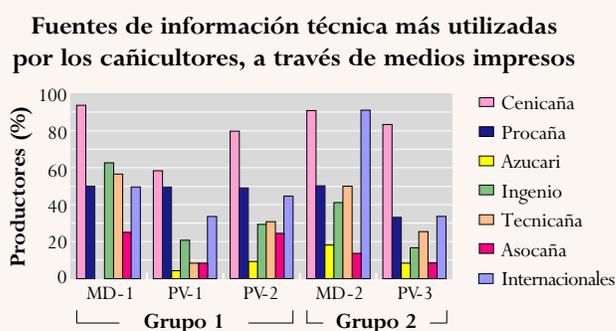
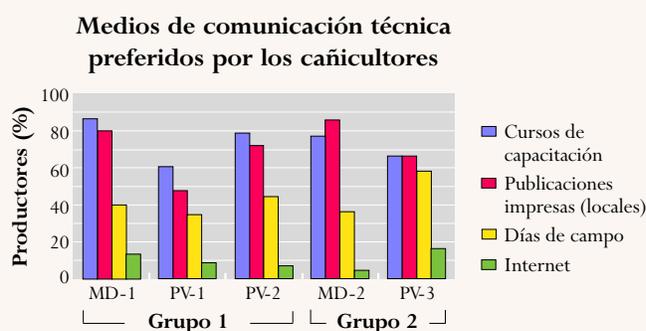
- No existe información sobre constantes de humedad del suelo
- Falta de conocimiento
- Falta de confianza
- Utiliza el cenirrómetro
- No tiene computador

DATOS 1999

Fuentes y medios de comunicación técnica preferidos por los cañicultores

Los cursos de capacitación y las publicaciones impresas son los medios de comunicación preferidos por los cañicultores para obtener información técnica sobre el cultivo. Una proporción intermedia se inclina por los días de campo y una proporción menor, por el uso de Internet.

CENICAÑA es la principal fuente de información a través de medios impresos, seguida en orden de importancia por Procaña, fuentes internacionales y Tecnicaña.

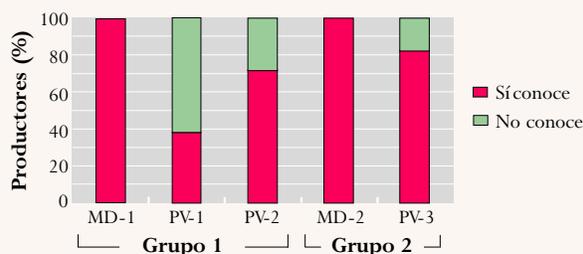


Conocimiento y uso de los servicios ofrecidos por CENICAÑA

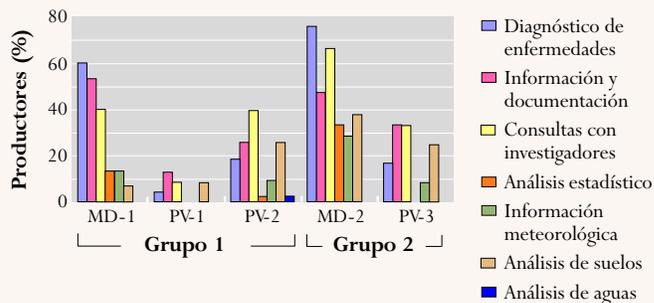
Todos los productores de las fincas con manejo directo de los ingenios conocen acerca de los servicios especializados que ofrece CENICAÑA. No ocurre lo mismo con los proveedores de caña, quienes casi en la mitad de los casos afirman no conocer la oferta de servicios del Centro.

En términos generales los productores MD representan la mayor proporción de usuarios, especialmente de los servicios de diagnóstico de enfermedades, información y documentación, consultas con investigadores y análisis estadístico. Aunque es bastante baja la proporción de usuarios entre los productores PV, los servicios más utilizados son las consultas con investigadores, las consultas bibliográficas, el análisis de suelos y el diagnóstico de enfermedades. Llama la atención el empleo escaso del servicio de información meteorológica.

Conocimiento de los cañicultores acerca de los servicios especializados ofrecidos por CENICAÑA



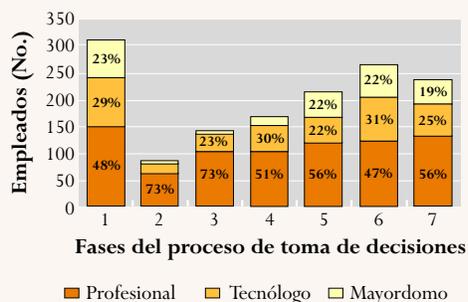
Servicios especializados ofrecidos por CENICAÑA y utilizados por los cañicultores



DATOS 1999

Participación de empleados de los ingenios en decisiones de adopción y uso de nueva tecnología

Participación de los empleados de los ingenios en las decisiones sobre adopción y uso de tecnología



Fases del proceso de toma de decisiones:

1. Participa en el proceso de toma de decisiones
2. Define políticas de cambio y desarrollo tecnológico
3. Identifica o selecciona tecnologías nuevas
4. Prueba o valida con experimentos la tecnología
5. Aplica o usa comercialmente la tecnología actual
6. Supervisa o controla el uso de la tecnología
7. Evalúa los beneficios de la tecnología

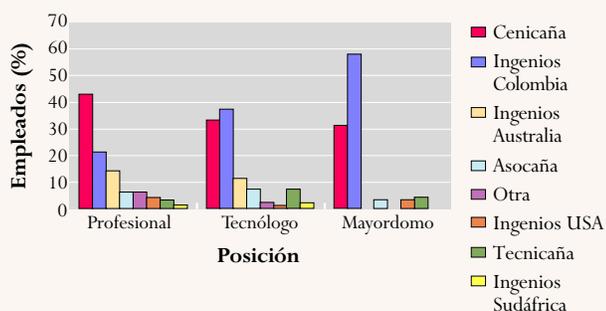
El conocimiento sobre el rol de los diferentes empleados de los ingenios en el proceso de toma de decisiones sobre adopción y uso de nuevas tecnologías es fundamental para definir los contenidos de la información técnica en función de su distribución y uso específico.

El personal de posición profesional tiene la mayor participación en el proceso de toma de decisiones, tanto en la definición de políticas de cambio y desarrollo tecnológico y en la identificación y selección de nuevas tecnologías, como en la aplicación, supervisión y evaluación de los beneficios que representa adoptarlas. En estas últimas actividades es también representativa la participación de tecnólogos y mayordomos. Los datos fueron suministrados por 305 empleados de las divisiones de campo, cosecha, fábrica y administración de cinco ingenios azucareros (profesionales 48%, tecnólogos 33% y mayordomos 19%).

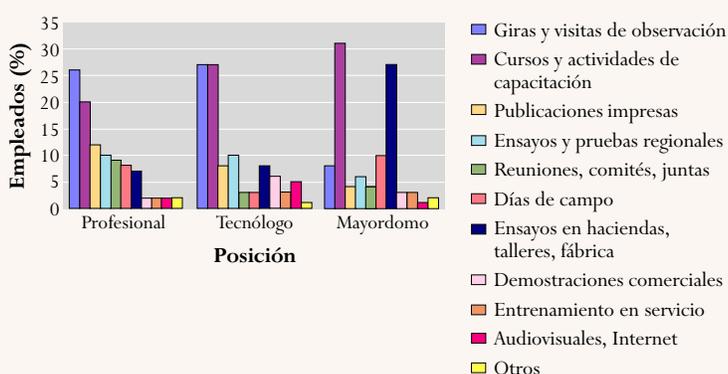
Fuentes y medios de comunicación técnica preferidos por los empleados de los ingenios

CENICAÑA y los ingenios locales son las dos fuentes de información técnica más importantes para los empleados de los ingenios. En cuanto a los medios preferidos para recibir la información, existen diferencias entre el personal profesional y de tecnólogos y el personal de mayordomos. Mientras los primeros prefieren las giras de observación, los cursos de capacitación y las publicaciones impresas, los segundos tienen preferencia por los cursos de capacitación y los ensayos en haciendas y talleres.

Fuentes de información técnica más utilizadas por los empleados de los ingenios



Medios de información técnica preferidos por los empleados de los ingenios

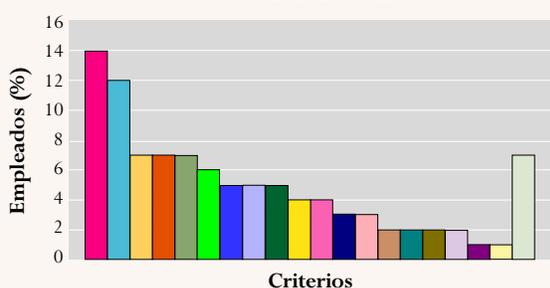


DATOS CENSO INGENIOS. 1996.

Criterios de decisión en los ingenios para la adopción de nuevas tecnologías

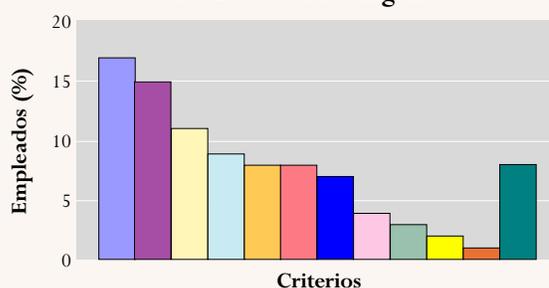
Aumentar el rendimiento en azúcar así como el nivel y la estabilidad de la producción de azúcar por hectárea por mes (TAHM) son los dos criterios más importantes en las decisiones de adopción de variedades de caña en los ingenios. Por su parte, las ventajas relativas que deben tener las nuevas tecnologías de elaboración de azúcar para que los ingenios tomen la decisión de adoptarlas están definidas por los aumentos en rentabilidad y rendimiento por tonelada de azúcar y por la disminución de los costos de operación por tonelada producida.

Criterios considerados más importantes en los ingenios para decidir sembrar una nueva variedad de caña



- Mayor nivel rendimiento
- Mayor nivel y estabilidad TAHM
- Mayor nivel y estabilidad TCHM
- Mayor nivel TAHM
- Mayor rentabilidad por ton de azúcar
- Mayor nivel y estabilidad rendimiento por corte
- Mayor nivel y estabilidad TAH, por corte
- Mayor rentabilidad por hectárea
- Mayor nivel TCH
- Menor costo de operación por ton de azúcar
- Mayor nivel y estabilidad rendimiento por mes
- Mayor rentabilidad por ton de caña
- Mayor nivel y estabilidad TCH por corte
- Mayor nivel rendimiento por mes
- Menor inversión por hectárea
- Mayor nivel TCHM
- Mayor nivel TAH
- Menor inversión por ton de azúcar
- Menor costo de operación por ton de caña
- No contestó

Criterios considerados más importantes para elegir una nueva tecnología para elaboración de azúcar en los ingenios



- Mayor rentabilidad por ton de azúcar
- Mayor nivel rendimiento
- Menor costo de operación por ton azúcar
- Mayor nivel TAH
- Mayor rentabilidad por ton de caña
- Menor inversión por ton de azúcar
- Mayor nivel y estabilidad TAHM
- Mayor nivel y estabilidad rto. por mes
- Menor costo de operación por ton caña
- Mayor nivel rto. por mes
- Mayor rentabilidad por hectárea
- Menor inversión por hectárea
- No contestó



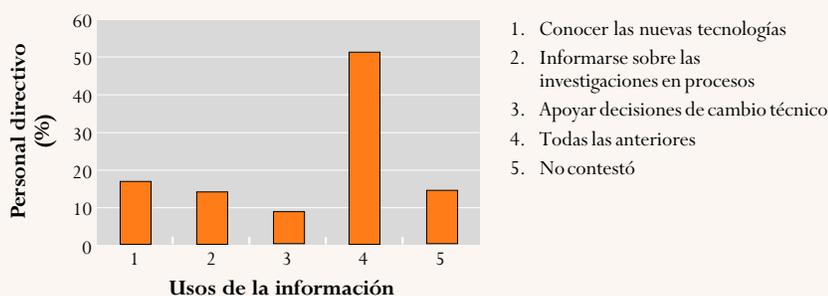
DATOS 1996

Usos de la información publicada en la *Carta Trimestral* y temas de interés del personal directivo de los ingenios

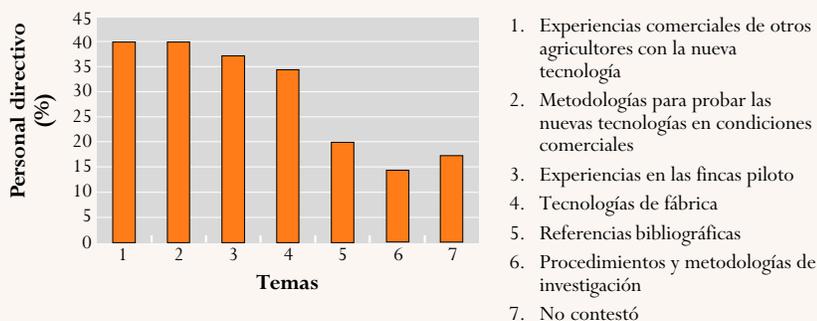
La *Carta Trimestral* es una publicación periódica, editada por CENICAÑA desde 1979. En ella se reportan los avances de la investigación desarrollada por el Centro y últimamente las experiencias comerciales de ingenios y cañicultores con la nueva tecnología.

El 90% del personal directivo de los ingenios azucareros (presidentes, gerentes y superintendentes) recibe esta publicación y utiliza su información para apoyar decisiones de cambio técnico, conocer las nuevas tecnologías y enterarse sobre el desarrollo de las investigaciones en proceso. Los temas de mayor interés que sugieren incluir en la publicación están relacionados con las experiencias comerciales de otros agricultores con la nueva tecnología, metodologías para probar la nueva tecnología en condiciones comerciales y las experiencias de validación en fincas piloto.

Uso dado por el personal directivo de los ingenios a la información publicada en la *Carta Trimestral* de CENICAÑA



Temas sugeridos por el personal directivo de los ingenios para publicar en la *Carta Trimestral* de CENICAÑA



DATOS CARACTERIZACIÓN DE BASE. 1999.

Validación de Tecnología en Fincas Piloto

En muchos casos las instituciones de investigación emiten mensajes para impulsar la adopción de ideas, prácticas y productos sin acompañar las recomendaciones con la valoración de lo que significa aplicarlas en las circunstancias de los usuarios potenciales. La ausencia de esta información puede hacer que la iniciativa de adopción tarde más del tiempo necesario en ser llevada a la práctica, en tanto el futuro usuario perciba un riesgo mayor al que realmente involucra el cambio. Cuando esto ocurre los usuarios potenciales deben recurrir a la experiencia (directa o sustitutiva) para convencerse a sí mismos sobre el riesgo y los beneficios de su decisión.

CENICAÑA promueve la adopción de prueba o validación de tecnología en fincas piloto sobre la base de que la experiencia, propia o de otro agricultor con circunstancias de producción similares, constituye una fuente de información comercial creíble y accesible acerca de las implicaciones de usar la nueva tecnología. De acuerdo con la teoría, los destinatarios de la nueva tecnología quedan satisfechos cuando el desempeño de ésta es por lo menos igual a sus expectativas. Cuando el desempeño supera sus expectativas, entonces se sienten convencidos y es probable que no sólo repitan la práctica (adopción comprometida) sino que la promuevan con otros cañicultores.

Debido a que la validación de tecnología es un proceso de naturaleza participativa, el uso de una metodología genérica en tierras con manejo directo de los ingenios y tierras de proveedores demanda recursos y mecanismos institucionales de los ingenios y de CENICAÑA para apoyar los esfuerzos de validación.



Variedades CC 85-92, 85-68 y 87-434 en suelos de los conjuntos Galpón y Palmeras

Entre 1995 y 1998, en el Centro Internacional de Agricultura Tropical –CIAT, se establecieron con fines de validación 213 hectáreas con las variedades CC 85-92, 85-68 y 87-434 en suelos de los conjuntos Galpón (Vertisols) y Palmeras (Inceptisols). La finca piloto es producto de un convenio de cooperación técnica entre el Ingenio Manuelita, CIAT y CENICAÑA.

La productividad de las tres variedades en estos suelos ha sido estable a través de los cortes, como resultado de su adaptación a las condiciones agroclimáticas del área y del manejo agronómico con un paquete tecnológico adecuado. Las variedades se cosecharon en verde y produjeron, en promedio, 1.15 toneladas de azúcar por hectárea por mes y 9.60 toneladas de caña por hectárea por mes, con un rendimiento de 12.02% (ver cuadro, abajo y figuras, derecha).

La preparación de los suelos para levantar las plantillas y manejar las socas se realizó con el subsolador Cenitándem, a fin de lograr una roturación óptima de aquéllos. La distancia entre surcos fue de 1,75 metros con longitudes de 300 metros en promedio.

La siembra se realizó con distancias de 16 metros entre paquetes de 30 trozos de 0,60 metros cada uno, utilizando material proveniente de semilleros comerciales que a su vez procedían de semilleros básicos tratados térmicamente.

Resumen de producción de las variedades CC 85-92, 85-68 y 87-434 en la finca piloto Ingenio Manuelita-CIAT-CENICAÑA.

Variedad (ha)	Área (No.)	Corte (meses)	Edad	TCH	TCHM	TAH	TAHM	Rto (%)	Sacarosa en caña (%)	Materia extraña (%)
CC 85 - 68	67.75	1	13.8	128.2	9.32	13.28	0.96	10.44	12.37	9.8
		2	13.8	117.8	8.55	16.18	1.17	13.70	15.32	11.4
		3	14.0	107.6	7.68	14.05	1.00	13.01	14.37	10.2
Promedio			13.9	117.9	8.51	14.50	1.05	12.38	14.02	10.5
CC 85 - 92	97.3	1	13.5	136.3	10.16	16.44	1.23	12.07	13.75	8.6
		2	13.9	135.6	9.75	16.15	1.16	11.94	13.65	10.4
		3	14.0	140.3	10.03	16.78	1.20	12.00	13.46	9.5
Promedio			13.8	137.4	9.98	16.46	1.20	12.00	13.62	9.5
CC 87 - 434	17.89	1	13.9	141.7	10.21	15.00	1.08	10.67	12.27	10.0
		2	14.2	145.8	10.38	18.52	1.32	12.66	14.13	10.7
Promedio			14.0	143.7	10.30	16.76	1.20	11.67	13.20	10.4
Promedio Total			13.9	133.0	9.60	15.91	1.15	12.02	13.6	10.1



Variedad CC 85-92

Todas las suertes se aporcaron para adecuarlas al riego por surcos y a la cosecha mecanizada.

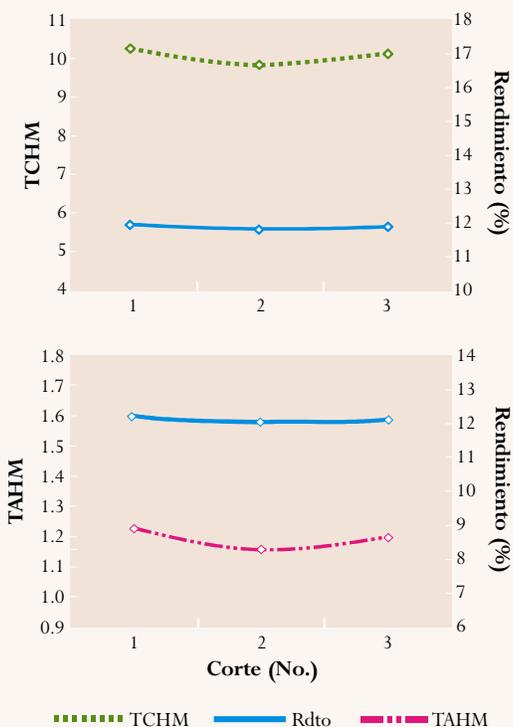
Las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio obedecieron al análisis de suelos y a los niveles críticos determinados en la investigación adelantada por CENICAÑA. Las aplicaciones se realizaron sin fraccionamiento 45 días después de la siembra y entre 45 y 60 días después del corte de la caña.

Se utilizó el sistema de Balance Hídrico Automatizado para programar los riegos, que fueron aplicados con el método de surco alterno usando politubulares con compuertas. El balance hídrico involucra las relaciones suelo-agua-planta y las pérdidas y ganancias de humedad del suelo por factores climáticos y suministro de agua suplementaria a la precipitación. En promedio se aplicaron cinco riegos por ciclo de cultivo con un volumen de 1400 m³ de agua por riego. El promedio anual de precipitación en este sitio es de 965 mm.

El corte se realizó en verde con máquinas combinadas y los residuos se acomodaron al 2x1 con encalladoras de espas reforzadas.

La decisión de escoger estas variedades para los suelos Galpón y Palmeras estuvo fundamentada en las recomendaciones del Programa de Variedades de CENICAÑA, de acuerdo con los resultados experimentales en condiciones agroclimáticas similares a las del área. El manejo agronómico fue acordado por los integrantes del comité técnico de la finca y los investigadores del Programa de Agronomía del Centro, en un esquema de trabajo participativo.

Productividad de la variedad CC 85-92 durante tres cortes en la finca piloto Ingenio Manuelita-CIAT-CENICAÑA.



Variedad CC 85-68



Variedad CC 87-434

La adopción de prueba integra la valoración de los beneficios técnicos y económicos de la nueva tecnología en comparación con la tecnología actual, en virtud de lo cual exige el registro preciso y sistemático del uso de los recursos, las actividades y los resultados. Se ha desarrollado una metodología para valorar la tecnología desde el punto de vista agronómico



Registro de caña y residuos en el campo después de la cosecha mecanizada en verde. Finca piloto Ingenio Risaralda - CENICAÑA.

y se avanza en ajustar la metodología de valoración económica para que sea operable en fincas de ingenios y proveedores. Para registrar las prácticas de manejo del cultivo y hacer el seguimiento de la tecnología se fomenta el uso de *Sequitec*, programa de computador desarrollado por CENICAÑA (ver Seguimiento de tecnología).

La metodología de validación agronómica es un resultado del trabajo participativo de productores, investigadores y transferidores en las tres fincas piloto establecidas entre 1995 y 1997 mediante convenios de cooperación técnica (Cuadro 13) (4).

Por tratarse de un proceso de naturaleza participativa, el uso de una metodología genérica en tierras con manejo directo de los ingenios y tierras de proveedores demanda recursos y mecanismos institucionales de los ingenios y de CENICAÑA para apoyar los esfuerzos de validación.

Cuadro 13. Variedades de caña de azúcar en fincas piloto.

Finca piloto	Suelo	Variedad
Ingenio Risaralda-CENICAÑA (41 hectáreas). Año de inicio: 1997	Piedras-Ricourte (Vertisol)	CC 85-92, CC 89-2000, CC 89-2001
	Marruecos (Inceptisol)	CC 84-75, CC 85-68, CCSP 89-1997
	Manuelita-Palmeras (Mollisol)	CC 84-75
Ingenio Sancarlos-CENICAÑA (78 hectáreas). Año de inicio: 1996	Burrigá (Vertisol)	CC 85-92, CC 87-434, CC 89-2000, CC 91-1999, CCSP 89-1997
Ingenio Manuelita-CIAT- CENICAÑA (216 hectáreas). Año de inicio: 1995	Palmaseca (Alfisol)	CC 85-68
	Palmeras (Inceptisol)	CC 85-68, CC 85-92
	Galpón (Vertisol)	CC 85-68, CC 85-92, CC 87-434, CC 87-473

Seguimiento de Tecnología

Muchas decisiones que se toman en agricultura en un momento determinado tienen su fundamento en experiencias anteriores ocurridas en circunstancias de producción similares. Los datos históricos sobre el desempeño de un cultivo en un sitio específico y con un manejo definido son básicos para analizar tendencias que puedan indicar, con un nivel de probabilidad estimado, el efecto esperado de las decisiones presentes.

Sin embargo, el registro organizado y permanente de los datos de manejo de un cultivo en asocio con las características ambientales del sitio y los resultados de producción obtenidos fue, hasta hace corto tiempo, una tarea poco usual. Parte de la explicación radica en la dificultad que había para utilizar posteriormente los datos disponibles y convertirlos en información útil, lo cual, indirectamente, restaba valor a la iniciativa. Actualmente, las posibilidades de adaptar la tecnología informática transforma esta limitación en una oportunidad y la facilidad relativa de automatizar el registro y el análisis de datos hace posible desarrollar sistemas de información que puedan ser consultados por muchos usuarios al mismo tiempo y desde distintos lugares.

Uno de los objetivos inmediatos de CENICAÑA es acopiar los datos de identificación, manejo y producción de las suertes con caña en el valle del río Cauca para generar información que apoye las decisiones de adopción y uso de tecnología en fincas de ingenios y proveedores. Para lograrlo, en 1999 realizó el lanzamiento formal del programa de computador *Seguitec*, diseñado en ambiente gráfico y con una estructura de base de datos relacionales, el cual, al finalizar el año, había sido adquirido para llevar los registros en 120 unidades productivas.

Seguitec, que contiene más de 40 consultas programadas y las opciones de importar y exportar datos, es una aplicación de la tecnología informática para registrar la identificación de cada suerte de caña, la variedad sembrada, las labores básicas de cultivo y cosecha y los datos de producción en el campo y la fábrica.

Incluye tablas para consignar los detalles de las labores de adecuación, preparación, siembra, riegos, control

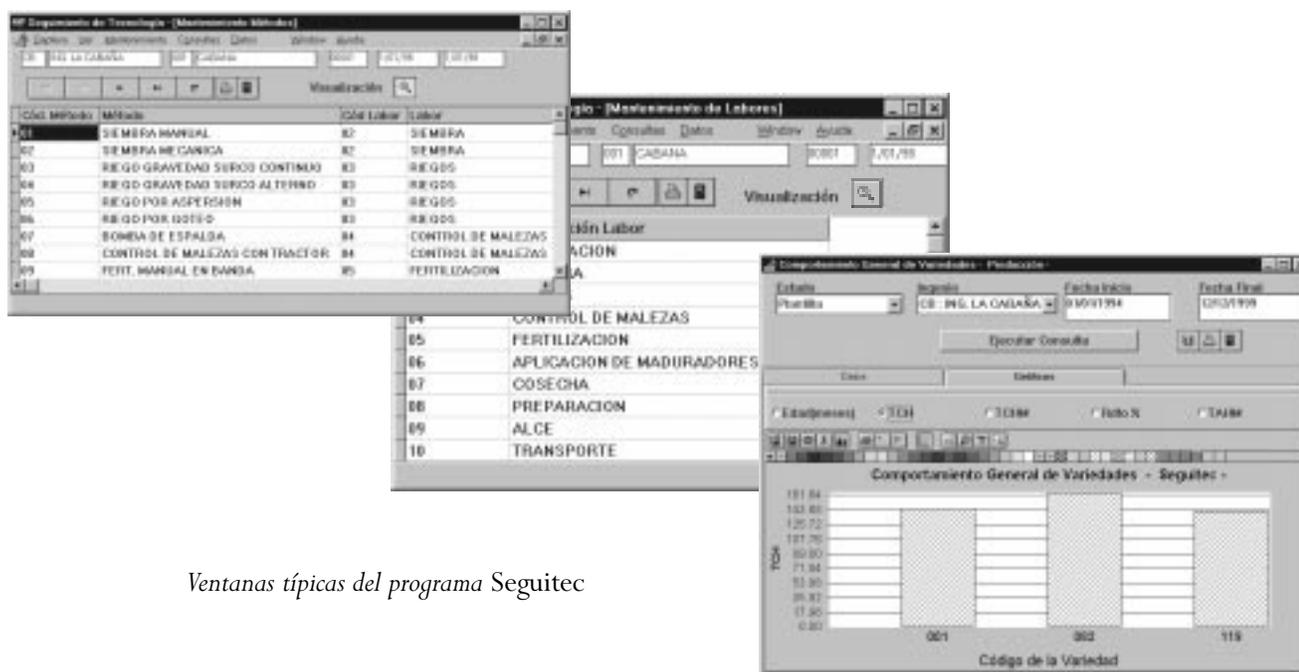


de malezas, fertilización, aplicación de maduradores y cosecha (corte, alce y transporte); para cada labor permite asociar los equipos, métodos, sistemas, épocas, productos y fuentes utilizadas. También reserva espacio para los registros de materia extraña, tiempo de permanencia entre corte y báscula y en los patios de la fábrica. Además, incorpora sacarosa en jugo, en caña y en bagazo, pureza en jugo, fibra en caña, brix en jugo, toneladas de caña por hectárea, rendimiento real en fábrica y rendimiento en el ingenio durante la semana en que se molió la caña correspondiente.

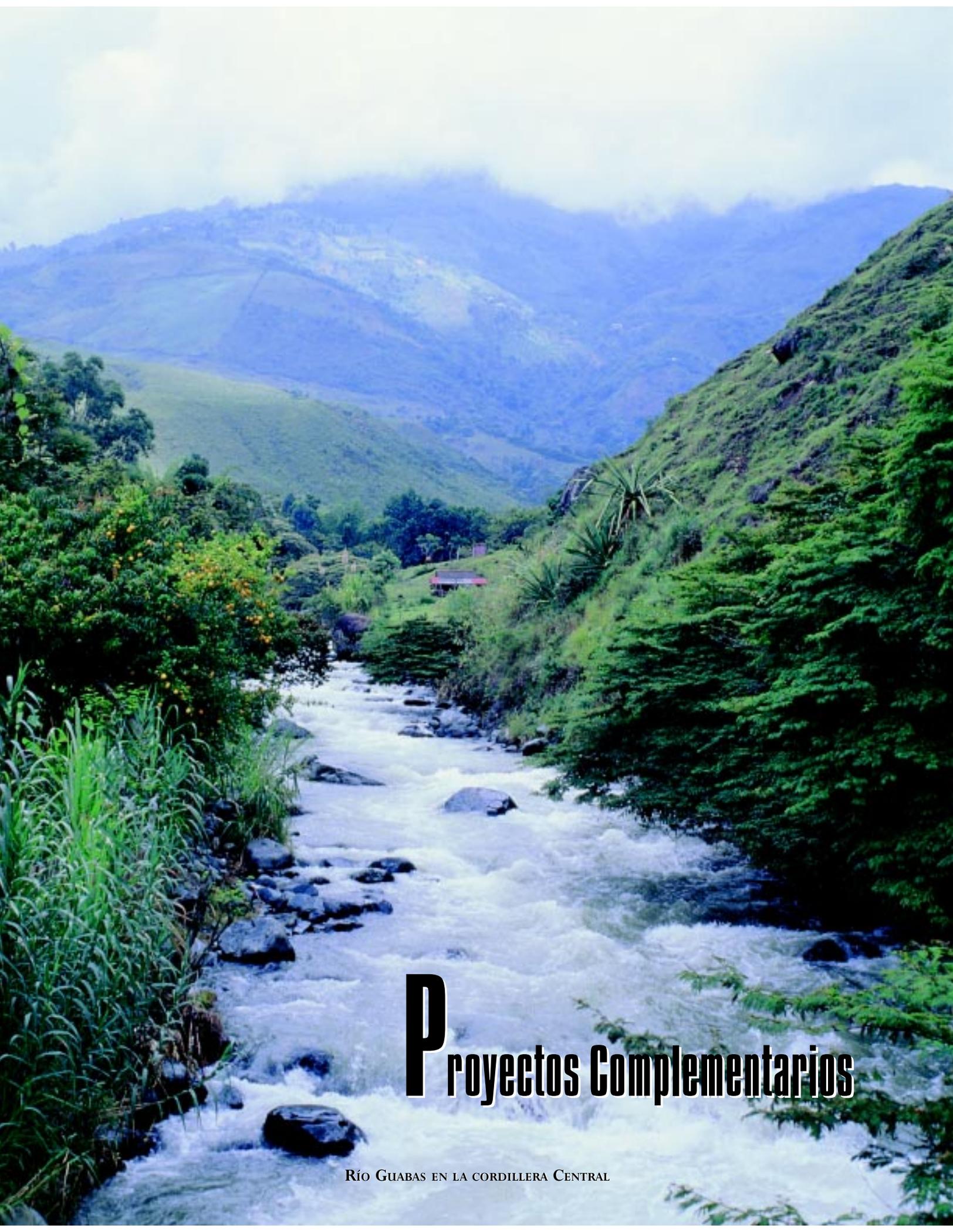
Las consultas programadas para analizar los resultados de producción en campo, molienda y la eficiencia de la cosecha se pueden realizar por variedad, conjunto o grupo de manejo de suelo, uso de madurador, nivel freático, nivel de fertilización y régimen hídrico. En esta primera versión se obtienen promedios ponderados por área cosechada y por el total de toneladas de caña.

Actualmente, CENICAÑA está en capacidad de capturar en su computador central, a través de *Seguitec*, los datos de aproximadamente 60 mil hectáreas, que incluyen las tierras propias de al menos tres ingenios azucareros y cerca de 20 mil hectáreas de proveedores.

Las proyecciones son lograr el uso de *Seguitec* en el mayor número de hectáreas posible, incorporar progresivamente módulos nuevos o disponibles que faciliten la administración integral del cultivo, recopilar y analizar los datos existentes y difundir la información resultante.



Ventanas típicas del programa Seguitec



Proyectos Complementarios

RÍO GUABAS EN LA CORDILLERA CENTRAL

Labranza Reducida



Aplicación de herbicida



Preparación del entresurco



Siembra

El sistema de renovación tradicional de los cultivos de caña involucra un conjunto de labores que demandan entre 15 y 20% de los costos de producción. En los últimos años, la industria ha sido afectada por la crisis de los mercados nacional e internacional del azúcar, lo cual le exige ser más eficiente en los costos de producción para mantener la competitividad.

El esquema propuesto para la labranza reducida (LBR) facilita la siembra rápida de los campos a partir de la preparación del entresurco con el subsolador

Cenitándem, siembra de la semilla y muerte de las cepas viejas usando un herbicida gramínico; una vez germina el nuevo cultivo, las cepas muertas se incorporan al suelo mediante un segundo pase del Cenitándem. El sistema de LBR se ha usado con éxito, logrando reducir hasta en 80% los costos de la renovación a partir de un menor requerimiento de labores y la preparación oportuna de los campos.

A pesar de las experiencias positivas con LBR, también se han tenido tropiezos con su

aceptación debido a la tendencia a generalizar el tipo y la secuencia de labores sin tener en cuenta las condiciones locales de los suelos y el clima de la zona, que pueden exigir un manejo diferencial del sistema.

CENICAÑA ha retomado la investigación de LBR para identificar los factores más importantes que pueden determinar el éxito de la práctica. Casi siempre la mayor dificultad está relacionada con la baja eficiencia de la erradicación química del cultivo y la posterior competencia entre las cepas supervivientes y las nuevas.

Para la aplicación química se utilizan los mismos equipos y procedimientos que para el control de malezas, lo cual conlleva bajos niveles de efectividad de la eliminación. La LBR requiere que el herbicida entre en contacto directo con el follaje de la caña que se va a erradicar, pues de lo contrario algunos rebrotes pueden sobrevivir a la aplicación debido a la falta de translación del producto dentro de las cepas. Al momento de la aplicación las cepas deben haber rebrotado completamente (25 a 30 días después del corte); se debe controlar el ángulo de la boquilla (entre 80° y 120°) y la altura de la lanzadera sobre el follaje (25 a 30 cm) para evitar que el producto caiga en el área de los entresurcos.

CENICAÑA continuará las investigaciones tendientes a establecer la secuencia y el tipo de labores en cada condición, de manera que la LBR pueda ser aceptada como una práctica confiable para la renovación del cultivo.



Germinación



Nuevo cultivo en crecimiento

Estandarización de Sistemas de Medición en las Fábricas

El proyecto se inició en 1992 con el objetivo de unificar los sistemas de medición utilizados en los ingenios colombianos a fin de establecer un intercambio estable y confiable de los índices de producción para efectos de comparación nacional e internacional.

Durante la primera fase se evaluaron los procedimientos analíticos existentes y se propuso un programa de establecimiento de un sistema uniforme en todos los ingenios. Las actividades se desarrollaron en 1994 con la coordinación del Programa de Fábrica de CENICAÑA, el apoyo de los laboratorios de química de los ingenios y la asesoría del S.R.I. de Australia. Los procedimientos analíticos estandarizados se publicaron en 1996 como Volumen 1 del manual de estandarización.

En 1997 se consolidaron la metodología y la secuencia periódica del sistema de pruebas interlaboratorios, se continuó con la instalación y validación de los equipos de muestreo y se establecieron los parámetros indicadores de eficiencia y productividad que deberían registrarse en un formato de intercambio mensual de información entre los ingenios. Adicionalmente se publicó el primer material complementario al Volumen 1, correspondiente a la estandarización de los cálculos relativos a índices y parámetros de calidad y producción.

En 1999 se consolidó el formato de intercambio de información mensual entre los ingenios y se culminó el proceso de definición del sistema de muestreo: equipos para toma de muestras, frecuencias de muestreo, manejo de las muestras y evaluación estadística de reproducibilidad y repetibilidad para jugos diluidos, bagazo, cachaza, miel final y azúcar. De esta forma las fábricas reportan cada mes los indicadores estandarizados del desempeño industrial y CENICAÑA prepara el informe comparativo interingenios con un análisis primario sobre los valores obtenidos.

En los dos próximos años se planea editar los manuales de estadística, muestreo, equipos de análisis químico y nuevas técnicas analíticas.

Aplicaciones de la Espectroscopía NIR

La espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) ofrece grandes ventajas para realizar varios de los análisis de laboratorio en forma eficiente, económica y confiable. Actualmente, en CENICAÑA se tiene un banco de calibraciones y procedimientos validados para la determinación de sacarosa y sólidos solubles totales en jugos y materiales del proceso azucarero (mieles, masas, azúcar) y elementos mayores en tejidos foliares de caña de azúcar (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio). Se ha ofrecido capacitación a técnicos de los ingenios en las nuevas técnicas y en varios de ellos se está utilizando NIR en forma habitual para medir la calidad de los jugos.

Un análisis preliminar muestra que los costos de operación se pueden reducir entre 20 y 25% con esta nueva técnica. Entre las ventajas de su uso está el no requerir subacetato de plomo, de uso convencional como agente clarificador para los análisis de calidad de caña y sacarosa en los diferentes materiales del proceso (11). De esta forma la tecnología contribuye a la protección ambiental y la salud ocupacional.

Actualmente se efectúan calibraciones y validaciones para el análisis de caña desfibrada, con base en el análisis directo vía húmeda como método primario. Además, se explora la posibilidad de estimar los niveles de materia extraña en la caña que llega para molienda.

CENICAÑA utiliza la tecnología NIR para determinar el contenido de nitrógeno en el tejido foliar de la caña de azúcar



Las muestras previamente secas (48 horas a 65°C) se pulverizan en un molino y luego se ciernen a través de una malla de 0.5 mm.



En el portamuestra del equipo NIR se colocan aproximadamente 5 gramos de tejido pulverizado.

Gestión Ambiental

El diagnóstico ambiental de la agroindustria azucarera colombiana identificó las áreas prioritarias de gestión en este campo (2). Con base en él, ASOCAÑA definió un plan de acción en el que se acordó la participación de CENICAÑA en el desarrollo de una serie de actividades. A partir de este compromiso el Programa de Fábrica formuló tres proyectos, cuyos avances y estado actual se presentan a continuación.

Caracterización de los procesos de fábrica desde la perspectiva ambiental. Comenzó en 1999 con la caracterización de efluentes, emisiones y generación de residuos sólidos en dos ingenios piloto. En la estación de molinos se identificaron y caracterizaron los efluentes en términos de caudal, carga orgánica (sacarosa) y grasa total. En estos efluentes se detectaron pérdidas de sacarosa (indeterminadas)⁴ entre 12 y 32 g/t caña molida. En la estación de evaporación se consideraron los efluentes de las aguas de inyección o rechazo y las descargas del lavado de soda de cada conjunto de evaporadores.

La segunda fase, programada para el año 2000, comprende la caracterización de las estaciones de elaboración y las torres de enfriamiento, las emisiones en función del combustible utilizado y la identificación y clasificación de los residuos sólidos. Una vez se definan las características de las estaciones y productos mencionados se procederá a formular estrategias para su control y reducción.

Evaluación de los sistemas de limpieza de caña. Los sistemas de limpieza de la caña antes de entrar a molienda que se utilizan en la industria colombiana para reducir los efectos de la materia extraña en los procesos fabriles, son: (a) remoción de la materia extraña en el campo después de la cosecha manual; (b) limpieza en seco para remover la materia extraña vegetal y mineral, en estaciones acondicionadas con ventiladores, picadoras, trampas y cedazos; (c) limpieza en húmedo para remover la materia extraña mineral, en estaciones de lavado de caña (ver fotografía).

4. En estos estudios, CENICAÑA ha establecido como pérdidas indeterminadas aquellas pérdidas reales que ocurren durante los procesos de cosecha, transporte, apilamiento o fabriles pero que no se pueden relacionar directamente con un área específica. Estas pérdidas se pueden reflejar en errores en pesos, análisis, arrastres o inversiones.



Limpieza en húmedo de la caña para molienda.

Con el propósito de definir y establecer procedimientos y metodologías para la evaluación de los sistemas de limpieza en seco y en húmedo, CENICAÑA comenzó un programa de seguimiento y análisis técnico, ambiental y económico en dos ingenios que tienen estos procesos.

Durante 1999 se establecieron y validaron las metodologías para las evaluaciones técnica y ambiental y para finales de julio del año 2000 se espera culminar las actividades concernientes a la evaluación económica.

En los sistemas de lavado de caña se detectaron pérdidas de sacarosa equivalentes a 2.1 kilogramos de azúcar/t caña lavada, correspondientes al grupo de pérdidas de sacarosa indeterminadas.

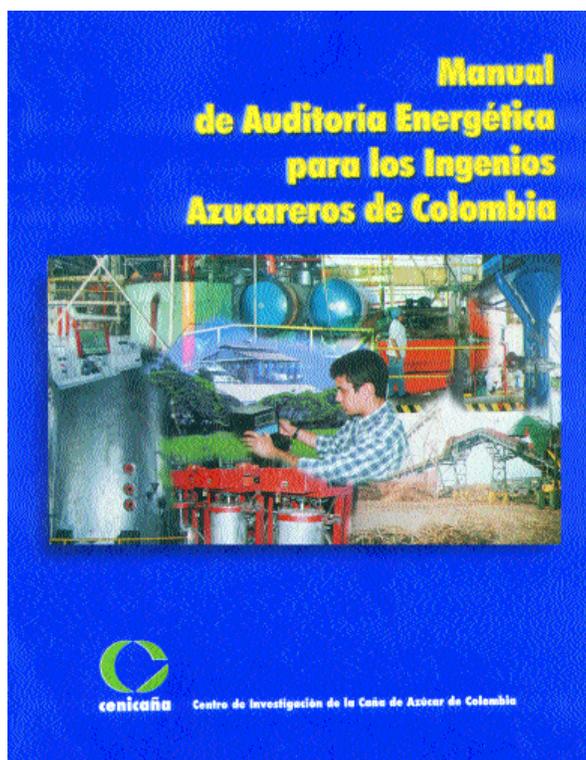
Determinación de la residualidad de agroquímicos. Proyecto en proceso de formulación para llevarlo a consideración del comité de la estación experimental. Se espera culminar esta etapa inicial hacia mediados del tercer trimestre del año 2000.

Gestión Energética

Las actividades desarrolladas por CENICAÑA en aspectos de gestión energética en la industria azucarera colombiana se han orientado en dos direcciones. La primera tiene que ver con el diagnóstico de los sistemas energéticos en los ingenios como punto de partida para la introducción de mejoras que amplíen las perspectivas de generar excedentes susceptibles de ser comercializados. La segunda, con el uso de los residuos de la cosecha de caña en cogeneración.

Manual de Auditoría Energética

En diciembre de 1999 se entregó a los ingenios el Manual de Auditoría Energética en los Ingenios Azucareros de Colombia (5), producto del proyecto cofinanciado por COLCIENCIAS, CENICAÑA y los ingenios Central Castilla, Central Tumaco y Providencia. La finalidad del manual es proporcionar las normas básicas de monitoreo y evaluación del sistema energético de los ingenios. Comprende cinco unidades:



Primera unidad: presenta los antecedentes, planteamientos y desarrollo del proyecto de auditoría energética en CENICAÑA, la concepción general de la auditoría energética y sus aspectos económicos y de organización.

Segunda unidad: describe el estado tecnológico de la industria azucarera colombiana, su capacidad en equipamiento y proyectos de modernización.

Tercera unidad: guía metodológica para la realización de auditorías energéticas en ingenios azucareros.

Cuarta unidad: conceptos teóricos referidos a los procedimientos y cálculos relacionados en la tercera unidad.

Quinta unidad: describe los programas desarrollados por CENICAÑA para la simulación de los procesos fabriles. Estos programas se usan actualmente en la industria azucarera colombiana.

Con los equipos, protocolos y personal idóneo, CENICAÑA está en capacidad de ofrecer el servicio de auditorías energéticas en ingenios azucareros.

Generación de Energía Eléctrica a partir de Residuos de Cosecha

En octubre de 1995 CENICAÑA presentó al Global Environmental Facility (Banco Mundial) una solicitud de cofinanciación por US\$25,000 con el fin de adelantar un estudio de prefactibilidad sobre el uso de los residuos de la cosecha de caña para producir energía eléctrica. Las actividades del proyecto culminaron en marzo de 1999 y en junio siguiente se entregó el informe final (3).

El proyecto incluyó la caracterización de los residuos de la variedad MZC 74-275, que en esa fecha era la variedad de caña más sembrada en el valle del río Cauca; evaluaciones económicas de las operaciones de recolección, picado, transporte y descargue de residuos de cosecha; y análisis de tres procesos de conversión de los residuos para generar energía eléctrica.

La cantidad de residuos asociados con la variedad MZC 74-275 osciló entre 16 y 22% de la biomasa total; la humedad de los residuos inmediatamente después de la cosecha estuvo entre 65 y 75% y al dejarlos a la intemperie varió entre 3 y 5% por día; la densidad estuvo entre 500 y 700 kg/m³ a 250 Kpa y su capacidad calorífica fue de 2862 Kcal/kg a 25% de humedad y de 4300 Kcal/kg a 35% de humedad. Estos rangos son similares a los indicados por investigadores de Brasil y Cuba (1, 15).

Para la recolección de los residuos se inició un programa de evaluaciones, ajustes y modificaciones de la máquina picadora de residuos CLAAS-CENICAÑA, a fin de regularizar su operación y mejorar su eficiencia. En evaluaciones realizadas durante el segundo semestre de 1999 la máquina picó 50 t de residuos por hora (tamaño promedio de 1 pulgada) a razón de 1 ha/h y velocidad de 1.2 km/h (promedio, incluyendo paradas y giros). La recolección se efectuó en un tándem de cinco vagones de 24 m³/vagón; la densidad de los residuos sin compresión y con 53% de humedad fue de .200 t/m³ (200 kg/m³), es decir 24 t por tándem. Esta densidad se logró por el simple acomodo de los residuos causado por la vibración del vehículo durante el traslado. Un ejercicio de sensibilidad para las operaciones de encalle, picado, densificación, transporte y descargue de los residuos con base en rendimientos y eficiencias altas y medias señaló costos de operación⁵ entre 7.6 y 11.7 US\$/t (.81 – 1.28 US\$/GJ).

Para el uso de los residuos en la generación eléctrica se analizaron tres procesos de conversión: descomposición anaeróbica en rellenos sanitarios (landfill), gasificación y combustión directa en calderas bagaceras.

5. En estos cálculos los conceptos de *costo de oportunidad* en la estimación del valor del residuo para el agricultor por la dificultad en su manejo posterior, y de *costo incremental* como compensación por la reducción de CO₂, gases invernadero y particulado, tienen un alto significado. En el primer caso se propone un valor negativo de US\$.5 y en el segundo correspondería al excedente sobre el valor propuesto para reemplazar 1 t de carbón (10,500 BTU/lb) que es de US\$8/t puesto en el ingenio.

El análisis técnico-económico de la descomposición anaeróbica indicó un costo total de .08 US\$/Kwh, que incluye la construcción del relleno y la instalación de los equipos de transformación, limpieza y tratamiento. Este costo hace inviable el proyecto en las condiciones colombianas.

En cuanto al desarrollo de los sistemas gasificación-ciclos combinados se concluyó que era conveniente esperar el desarrollo del proyecto COPERSUCAR – GEF (Biomass Integrated Gasification/Gas Turbine) y aprovechar los desarrollos y experiencias logrados por este grupo.

Con respecto a la combustión de residuos en las calderas bagaceras, éstos se consideraron para reemplazar el carbón buscando no sobrepasar el costo de 8 US\$/t de residuo por concepto de recolección, manejo, transporte y descarga en fábrica. Este valor equivale a reemplazar una tonelada de carbón de 10,500 BTU/lb con 78% de eficiencia en la caldera por tres toneladas de residuos con 35% de humedad, 4337 BTU/lb y 60% de eficiencia. Para visualizar las posibles dificultades en el proceso de combustión se realizaron evaluaciones cooperativas en las calderas de los ingenios Providencia e Incauca en donde se quemaron mezclas de 15% de residuos picados con 50% de humedad y 75% de bagazo con 52% de humedad. En estas pruebas, que duraron entre 7 y 12 horas, no se presentaron dificultades o variaciones importantes en la operación de las calderas o en la calidad del vapor producido.

Posteriormente se desarrolló un nuevo ejercicio de sensibilidad orientado al manejo y combustión de los residuos en las calderas bagaceras, con dos escenarios (rendimientos y eficiencias altas y medianas), teniendo en cuenta el uso de sistemas de secado con gases de chimenea y equipos para facilitar el mezclado con bagazo. El costo de manejo del material picado estuvo entre 1.1 y 3.4 US\$/t. La suma de los costos de las operaciones de campo y fábrica resultó entre 8.7 – 15.1 US\$/t con residuos picados. Al generar 250 Kwh por tonelada de residuos, el valor del Kwh estaría aproximadamente entre US\$ 0.05 y 0.1. Es necesario considerar que la utilización masiva de residuos en las calderas actuales, que no están modificadas y son de baja presión, exigirá ciertas precauciones en la cantidad utilizada, el contenido de cenizas, azufre y humedad.

Para los dos años siguientes se han previsto programas de mayor cobertura e intensidad tanto en el desarrollo de la máquina picadora como en la combustión directa de los residuos en calderas bagaceras. También se conformará un equipo de trabajo para iniciar la aproximación a los sistemas integrados de gasificación de biomasa/turbina de gas (BIG/GT) con el fin de tener los conocimientos, el intercambio de información y el potencial para comenzar a manejar esta tecnología en el sector azucarero local.



Servicios de Apoyo

CENTRO EXPERIMENTAL CENICAÑA

Servicio de Información y Documentación

En 1999 CENICAÑA recibió el reconocimiento de GEPLACEA y el IICA a su principal trabajo en el área de información y documentación agrícola: la base de datos bibliográfica sobre caña de azúcar e industria azucarera. Ambas instituciones incluyeron en sus sitios web nuestra base de datos bibliográfica, recopilada y mantenida por el Centro durante sus 22 años de existencia. De esta forma, la base de datos bibliográfica entró a hacer parte de las que se consideran las mejores bases de datos en América Latina y el Caribe, disponibles en Internet, en las áreas agrícola y de la industria azucarera.

Este reconocimiento es muy satisfactorio para nosotros y contribuirá a aumentar la cobertura de los servicios que tradicionalmente hemos ofrecido a nuestros usuarios de la comunidad agrícola y azucarera nacional e internacional.

Las actividades propias del servicio de información y documentación se continuaron prestando durante el último año (Cuadro 14).

1. Adquisiciones		3. Divulgación de Información	
Documentos recibidos	1165	Páginas de contenido	37
Colección caña	63	Boletín de adquisiciones	6
Colección general	100	Carta Trimestral	4
Revistas	1452	Serie Técnica	1
Videos	-	Serie Informativa	-
2. Registro y Análisis		Serie Divulgativa	1
Procesos técnicos		Informe Anual	2
Colección caña	1077	4. Servicios a Usuarios	
<i>Total general</i>	23153	Usuarios atendidos	2198
Colección general	159	Préstamos	7519
<i>Total general</i>	3905	En sala	5568
Insumos base de datos libros	181	A domicilio	1951
Hemeroteca		Distribuidos en:	
Revistas registradas	1211	Revistas	3961
Resúmenes elaborados	223	Documentos	3351
Analíticas de revistas	817	Sonovisos	43
Registros por computador	1077	Equipos	162
<i>Total general</i>	23153	Solicitud de fotocopias	247
Títulos nuevos	9	Páginas fotocopias	18107
<i>Total general</i>	607	Solicitud de adquisiciones	
Fichas elaboradas	1706	por técnicos de CENICAÑA	4
Bibliografías cortas	9	Publicaciones donadas	475
Mapas catalogados	17		
<i>Total general</i>	278		

Cuadro 14. Estadísticas del Servicio de Información y Documentación de CENICAÑA, 1999.

Servicio de Tecnología Informática

CENICAÑA: hacia una cultura de bases de datos

Durante todos sus años de actividad y como un producto de las labores de investigación, CENICAÑA ha generado y consolidado un gran volumen de datos.

Este cúmulo de datos se consignó inicialmente de forma impresa y ahora, con el avance tecnológico, en medios electrónicos. En el último caso, el registro y actualización de los datos en cada área funcional ha evolucionado paulatinamente como un subsistema independiente.

En cada subsistema o área funcional los propósitos de registro y mantenimiento de los datos obedecen a objetivos específicos que apoyan el desarrollo y seguimiento de los experimentos y la toma de decisiones operativas. Sin embargo, la dificultad para establecer relaciones de correspondencia entre datos de los distintos subsistemas impide que se puedan realizar análisis más avanzados que los actuales.

Con frecuencia se usan unidades de medidas diferentes para los mismos atributos y en muchos casos hay duplicidad de información. Los datos se encuentran diseminados y, al mismo tiempo, bloqueados en “cárceles de datos”, lo cual hace ineficaz y supremamente difícil el proceso de extraerlos y filtrarlos de las operaciones comunes que realizan los distintos subsistemas operacionales, para transformarlos, integrarlos y almacenarlos en un depósito desde donde puedan ser apropiados cada vez que se necesiten.

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta las proyecciones de desarrollar una cañicultura específica por sitio, resulta fundamental crear las bases en las cuales se concentren los datos de interés para CENICAÑA y el sector. Estas bases dejarán los datos a disposición de los usuarios de manera que puedan ser consultados o utilizados para generar informes orientados a la toma de decisiones, análisis de resultados, seguimiento de procesos, entre otros.

Con esta tecnología, los datos operacionales del Centro se convierten en una herramienta de primer orden para examinar de modo más estratégico los resultados, hacer análisis y detectar tendencias, realizar seguimiento de medidas críticas, producir informes con mayor rapidez y, en general, disponer de un acceso más fácil y flexible a la información relevante en cada situación y momento.

El producto final es un Almacén de Datos o “Data Warehouse”. La finalidad es reunir y consolidar en una gran base los datos que generan las distintas áreas funcionales del Centro y que actualmente se mantienen en diferentes depósitos. En este almacén también se sistematizarán los datos externos generados por los ingenios azucareros y los cultivadores de caña.

Para ello es necesario convertir los datos operacionales en información relacionada, estructurada, homogénea, de alta calidad, identificada convenientemente y mantenida en el tiempo de forma que los datos más recientes no sustituyan a los precedentes.

La ventaja principal de la tecnología es que los datos se convierten en información de gestión, la cual es accesible, correcta, uniforme y actualizada para los usuarios. Otras ventajas inherentes al sistema son:

Menor costo en la toma de decisiones. Por el tiempo que se ahorra al organizar y ejecutar consultas complejas y extensas a partir de bases de datos diseñadas para tal fin, en lugar de usar aquellas diseñadas específicamente para transacciones más cortas y sencillas.

Mejor servicio al sector azucarero. Por la mayor capacidad para responder a las necesidades de ingenios y cultivadores como consecuencia de mejorar la calidad de la gestión al interior del Centro.

Mayor flexibilidad ante el entorno. Por el conocimiento que se genera para apoyar la toma de decisiones como resultado de convertir los datos operacionales en información relacionada y estructurada.

Rediseño de procesos. Por la capacidad de análisis de la información que se ofrece a los usuarios de cada unidad funcional, la cual tiende a ser ilimitada y contribuye a tener una visión más profunda y clara de los procesos del negocio propiamente dicho, estimulando la producción de ideas renovadoras para el rediseño de los mismos.

CENICAÑA construye una cultura de bases de datos con el fin de aprovechar las bondades del sistema en la generación y gestión del conocimiento y no sólo para llevar un registro centralizado de los datos. Los propósitos son lograr mayor innovación y creatividad, toma de decisiones más rápida, mejor orientación a ingenios y cultivadores y, por ende, mayor capacidad de respuesta a los nuevos cambios en el entorno del sector azucarero colombiano.



Anexo

Ingresos de CENICAÑA entre 1977 y 1999 en términos constantes

Año	Cuotas causadas nominales (millones Col\$)	I.P.C. 1999 ¹	Factor conversión a Col (99)\$	Cuotas causadas (millones Col (99)\$)
1977	20.00	27.50	98.31	1966
1978	19.20	17.40	77.11	1480
1979	36.20	28.83	65.68	2378
1980	44.00	25.93	50.98	2243
1981	84.30	26.35	40.48	3413
1982	108.30	24.03	32.04	3470
1983	160.20	16.63	25.83	4138
1984	189.00	18.28	22.15	4186
1985	215.30	22.45	18.73	4032
1986	284.40	20.95	15.29	4349
1987	344.20	24.02	12.64	4352
1988	418.00	28.12	10.20	4262
1989	501.60	26.12	7.96	3991
1990	637.00	32.36	6.31	4019
1991	828.70	26.82	4.77	3950
1992	1383.40	25.13	3.76	5200
1993	1820.00	22.60	3.00	5467
1994	2141.60	22.58	2.45	5247
1995	2576.20	19.46	2.00	5149
1996	3096.00	21.63	1.67	5180
1997	4559.40	17.88	1.38	6272
1998	5400.00	16.70	1.17	6302
1999	4990.00	9.23	1.00	4990
Total				96038

1. Fuente: I.P.C. (Índice de precios al consumidor): Departamento Nacional de Estadística - DANE.

En 22 años el sector azucarero ha invertido Col\$96 mil millones en investigación y desarrollo tecnológico a través de CENICAÑA.

Proyectos cofinanciados por COLCIENCIAS

Número de Contrato	Nombre del proyecto
180/96	Estudio del cliente de la nueva tecnología de CENICAÑA
411/96	Desarrollo de una cosechadora de caña verde
173/97	Diagnóstico de enfermedades virales, endémicas y exóticas de la caña de azúcar en Colombia
501-97	Manejo integrado de la hormiga loca (<i>Paratrechina fulva</i>)
519-97	Diseño de campo y manejo del agua para la cosecha de caña sin quemar
537-97	Pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda
011-98	Convenio especial de cooperación Jóvenes Investigadores
358-98	Macroproyecto de Caña Verde

Convenios Interinstitucionales

- **Universidad del Valle**, enero 10 de 1999: con el propósito de continuar recibiendo la colaboración del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad en proyectos específicos del Programa de Procesos de Fábrica de CENICAÑA.
- **Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente –Dagma**, abril 9 de 1999: para suministrar datos de la red meteorológica automatizada del sector azucarero que el Dagma utilizará como base de análisis para mejorar el manejo de la calidad del aire en la ciudad de Cali.
- **Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT**, junio 28 de 1999: con el propósito de buscar nuevas líneas de caña de azúcar, transformadas y resistentes al Síndrome de la Hoja Amarilla, derivadas de variedades producidas por CENICAÑA.
- **Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria de Anapoima (Cundinamarca)**, julio de 1999: para probar variedades de caña de azúcar producidas por CENICAÑA que puedan servir para la producción de panela en esa zona.
- **Monsanto Colombiana Inc.**, agosto 15 de 1999: mediante el cual esta empresa apoyará la investigación en labranza reducida que tiene como propósito disminuir los costos de renovación del cultivo.
- **Instituto Colombiano Agropecuario - ICA**, noviembre 4 de 1999: con el fin de continuar recibiendo el apoyo del ICA para la introducción, cuarentena y exportación de variedades de caña de azúcar. CENICAÑA prestará los servicios de diagnóstico de enfermedades y plagas en muestras remitidas por el ICA, provenientes de zonas paneleras del país.

Convenio de Capacitación SENA-ASOCAÑA

En 1995 la ley colombiana de Ciencia y Tecnología estableció la posibilidad de que los empleadores, gremios, instituciones de educación y centros tecnológicos suscribieran convenios con el Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA- para realizar cursos de capacitación tendientes a apoyar el desarrollo de la productividad nacional.

Con este mecanismo, la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia -ASOCAÑA- firmó con el SENA un convenio de capacitación.

Durante 1999 se realizaron tres eventos con la coordinación de CENICAÑA, todos con la metodología de seminario-taller:

Operación y mantenimiento de lagunas estabilizadoras para el sector azucarero

Coordinador: Duncan Mara, especialista en operación y manejo de sistemas de tratamiento de aguas residuales, industriales y domésticas. University of Leeds, Inglaterra; Asesor CINARA, Colombia.

Número de asistentes: 31 personas.

Lugar y fecha: ASOCAÑA, enero 12 y 13.

Preparación y molienda

Objetivo: revisar los procedimientos y fundamentos utilizados en el diseño, instalación y manejo de las estaciones de preparación y molienda de caña de Brasil y Australia y efectuar comparaciones con el sistema colombiano.

Expositor: Jeoff Kent. SRI, Australia.

Número de asistentes: 33 personas.

Lugar y fecha: CENICAÑA, febrero 22 a 26.

Uso racional de la energía

Objetivos:

Establecer procedimientos para minimizar el desperdicio de energía calórica en los ingenios azucareros mediante la aplicación de la segunda ley de termodinámica: exergía.

Establecer las condiciones más propicias para la generación de energía eléctrica con destino a la red pública.

Expositores: Enrique Wittwer. GTZ, Alemania.

Ernesto Feilbogen. GEPLACEA, México.

Número de asistentes: 22 personas.

Lugar y fecha: CENICAÑA, marzo 15 a 26.

Los documentos correspondientes se pueden consultar en el Servicio de Información y Documentación de CENICAÑA: Biblioteca Guillermo Ramos Núñez, Centro Experimental San Antonio. También en: www.cenicana.org

Participación en Eventos de Instrucción y Capacitación durante 1999

Evento	Participación
International Consortium for Sugarcane Biotechnology (ICSB) Workshop (Consortio Internacional de Biotecnología de Caña de Azúcar). San Diego, California, Estados Unidos. Enero 16 a 17.	Fernando Ángel Sánchez. Álvaro Estévez Amaya.
Plant Genome VII (Scherago International Inc.). San Diego - California, U.S.A. Enero 18 a 21.	Fernando Ángel Sánchez.
Visita fitosanitaria a la zona de Shajhanpur (U.P). Objetivo: conocer enfermedades exóticas de la caña de azúcar, como Virus baciliforme, Grassy shot, Hoja Blanca, Marchitamiento de la caña, entre otras. India. Febrero 17 a 20.	Jorge Ignacio Victoria Kafure.
Charla en la Sugarcane Research Station: Shajhanpur (U.P). Tema: Integrated management of sugarcane diseases in Colombia. Asistentes: 50 técnicos del Instituto. India. Febrero 19.	Jorge Ignacio Victoria Kafure.
XXXIII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologist ISSCT (ISSCT). New Delhi, India. Febrero 21 a 26.	Álvaro Amaya Estévez. James H. Cock. Jorge Ignacio Victoria Kafure. Jorge Torres Aguas.
Visita fitosanitaria a la zona de Pune (Vasantdada). Objetivo: conocer enfermedades exóticas de la caña de azúcar, como Grassy shot, Hoja Blanca, Mosaico, raza M, Marchitamiento de la caña, entre otras. India. Febrero 28 a marzo 2.	Jorge Ignacio Victoria Kafure.
Visita de Asesoría a CENGICAÑA. Tema: evaluaciones y determinaciones de calidad de caña. Ciudad de Guatemala, Guatemala. Marzo 19 a 27.	Jesús Eliécer Larrahondo Aguilar.
V Congreso Colombiano de Meteorología (Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil –UAEAC; Sociedad Colombiana de Meteorología –SOCOLMET; Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales –ACCEFYN). Santafé de Bogotá, Colombia. Marzo 23 a 25.	José Isaías Mendoza Gutiérrez.
Curso de Econometría. Modelación de Series de Tiempo Económicas (Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, Departamento de Producción e Investigación de Operaciones). Cali, Colombia. Abril 26 a 30.	Alberto Efraín Palma Zamora. Carlos Arturo Moreno Gil.
XXXIX Reunión Anual APS-CD de la Sociedad Americana de Fitopatología-División Caribe. San Juan, Puerto Rico. Junio 21 a 25.	María Luisa Guzmán, Jorge Ignacio Victoria Kafure. Trabajo: Utilización de los métodos inmunoenzimáticos Dot-blot y Tissue-blot en el diagnóstico de raquitismo de la soca (RSD) de la caña de azúcar en tejido foliar.
XX Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología -ASCOLFI. Manizales, Colombia. Junio 30 a julio 2.	Jorge Ignacio Victoria Kafure. Trabajo: Utilización de los métodos inmunoenzimáticos Dot-blot y Tissue-blot en el diagnóstico del raquitismo de la soca (RSD) de la caña de azúcar en tejido foliar.
VI Congreso de la Sociedad de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Villavicencio, Colombia. Julio 13 a 15.	Álvaro Amaya Estévez.

Evento	Participación
II Congreso Latinoamericano de Aplicaciones de la Espectroscopía NIR (NIR FOSS – POLIMATE, Asociación de Técnicos Azucareros de Brasil). Riberao Preto, Sao Paulo, Brasil. Agosto 1 a 6.	Jesús Eliécer Larrahondo Aguilar.
XX Congreso Colombiano de Ingeniería Química (Sociedad Colombiana de Ingeniería Química, Capítulo Valle). Cali, Colombia. Agosto 4 a 6.	Nicolás Gil Zapata. Trabajo: Comparación del desempeño de los tachos continuo (VKT) y discontinuo para elaboración de masa cocida C.
49avo Curso de Acarología – Capacitación en control integrado (Programa de Verano, Ohio State University). U.S.A.. Agosto 9 a 20.	Luis Antonio Gómez Laverde.
Visita técnica al Programa de Manejo de la Hormiga de Fuego (USDA). Objetivo: discutir aspectos relacionados con el desarrollo de cebos tóxicos utilizados en hormigas, particularmente en hormiga loca. Gainesville - Florida, U.S.A. Agosto 30 a septiembre 3.	Luis Antonio Gómez Laverde.
Visita técnica a la Liga de la Caña de La Florida (Ingenio Ocoela, División Forestal de la Florida). Florida, U.S.A. Septiembre 1 a 3.	Enrique Cortés Betancourt.
Reunión Comité Ejecutivo SPRI. New Orleans, U.S.A. Septiembre 7 a 13.	James H. Cock.
XIII Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). Guanacaste, Costa Rica. Septiembre 16 a 18.	Enrique Cortés Betancourt.
Reunión de Expertos sobre el Gusano Barrenador de la Caña de Azúcar (GEPLACEA). Culiacán, México. Octubre 3 y 9.	Luis Antonio Gómez Laverde. Trabajo: Situación de los barrenadores de la caña de azúcar en el valle del río Cauca, Colombia.
Simposio de Estadística. Control Estadístico de la Calidad (Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Departamento de Matemáticas y Estadística). Rionegro-Antioquia, Colombia. Octubre 20 a 24	Alberto Efraín Palma Zamora. Carlos Arturo Moreno Gil.
Seminario Aprovechamiento Energético de Residuos Sólidos Urbanos y Agroindustriales (Universidad de la Sabana). Santafé de Bogotá, Colombia. Octubre 28 a 30.	Carlos Omar Briceño Beltrán.
I Curso Internacional de Riesgos Fitosanitarios para la Agricultura Colombiana. Santafé de Bogotá. Noviembre 3 a 5.	Jorge Ignacio Victoria Kafure. Trabajo: Enfermedades y plagas exóticas de la caña de azúcar en Colombia.
XVI Congreso Venezolano de Fitopatología. Barquisimeto, Venezuela. Noviembre 14 a 18.	Jorge Ignacio Victoria Kafure. Trabajos: Manejo integral de las enfermedades de la caña y Diagnóstico molecular de patógenos de la caña de azúcar en Colombia.
Segundo Congreso Agricultura – 99. Guayaquil, Ecuador. Noviembre 22 a 27.	Rafael Quintero Durán Trabajo: Fertilización de la caña de azúcar en suelos del valle del río Cauca, Colombia.
Seminario Fertilización y Manejo de Suelos Alcalinos (Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo y Universidad Nacional de Colombia). Palmira, Colombia. Septiembre 16 y 17.	Rafael Quintero Durán Trabajo: Manejo del cultivo de la caña de azúcar en suelos alcalinos del valle del río Cauca.

Evento	Participación
Diplomado en Gestión Integral (ICESI) Cali, Colombia. Octubre 8 a noviembre 27.	Ligia Genith Medranda Rosasco, Javier A. Carbonell González, Jorge S. Torres Aguas, Jesús Eliécer Larrahondo Aguilar.
Curso Técnicas Moleculares Aplicadas a la Identificación de la Resistencia a Enfermedades en Diferentes Cultivos (CIAT y Ministerio de Agricultura de Colombia). Palmira, Colombia. Diciembre 9 a 18.	Fernando Ángel Sánchez*. Juan Carlos Ángel Sánchez. María Luisa Guzmán. Hernando Ranjel Jiménez. *Trabajo: Clonaje Molecular (teoría y práctica)

**Trabajos presentados en el XXXIII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologist ISSCT
New Delhi, India. Febrero 21 a 26.**

Classification of the natural conditions in sugarcane crops for a region in Colombia (Palma, A.E.; Luna, C. A.; Carbonell, J.; Ortiz, B.)

Double shank subsoiler for sugarcane cultivation (Torres, J.S.; Villegas, L.F.; Villegas, F.; Raigosa, J.P)

Climatic zoning based on water balance (Torres, J.S.; Cruz, R.)

Increasing sucrose content in sugarcane through a recurrent selection programme (poster). (Ranjel, H.; Amaya, A; y Moreno, C.)

Pathogen-free seed cane production and its impact on a commercial scale (Victoria, J.I.; Guzmán, M.L.; Garcés, F.; Jaramillo, A.D.)

Megaenvironments for the Colombian sugar industry: characterisation and implications for varietal selection and crop management (Amaya, A.; Torres, J.S.; Quintero, R.; Luna, C.A.; Moreno, C. A.; Palma, A.; Carbonell, J. A.; Cortés, E.; Ranjel, H.)

Economic analysis of losses in sucrose content in sugarcane, using a non-destructive method (Larrahondo, J.E.; Orozco, B.; Luna, C.A.; Palma, A.; Moreno, C.A.)

Comparison of the performance of vertical continuous (VKT) and batch pans for manufacturing massecuite (Gil, N.J.; Briceño, C.O.; Vivas, A.L.; Ramos, A.A.; Caicedo, G.)

Desing, construction and evaluation of an experimental trayless clarifier (poster). (Briceño, C.O.; Hurtado, C.E.; Torres, J.; Bolívar, J.; Romero, J.C.)

Experiences with «two roll» crushing mills computer modelling and evaluation (Oliveros, E.; Orrego, W.; Gómez, A.L.)

Performance of a last mill whit assist drive (Vivas, L.A.; Girón, J.; Figueroa, F.; Caicedo, G.; Plata, M.A.; Echeverri, L.F.; Gómez, A.L.)

Publicaciones 1999

La siguiente lista contiene publicaciones de CENICAÑA, documentos de trabajo de su personal y otros publicados fuera del Centro durante 1998 -99. Las citas están en orden alfabético.

- Amaya, A.; Ranjel, H.; Viveros, C.; Victoria, J.; Gómez, L. A., Cassalet, C. Selección de variedades de caña para la industria azucarera colombiana. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.22-25
- Amaya, A. Consorcio Internacional de Biotecnología de la Caña de Azúcar. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1998. v.20, no.4, p.5-7
También en: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.127-128
- Anderson A., E. Servicio de tecnología informática. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.41-42
- Ángel, F.; López, A.M. Determinación de una metodología para la extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) a partir de caña de azúcar. Cali, CENICAÑA, 1999. 10 p. (Documento de trabajo, no.410)
- Ángel, F.; López, A.M.; Victoria Kafure, J.I. Diagnóstico molecular del síndrome de la hoja amarilla en Colombia y sensibilidad de la técnica RT-PCR para la detección del ScYLV. Cali, CENICAÑA, 1999. 10 p. (Documento de trabajo, no.409)
- Aranguren, S.P. Informe final del contrato pasantía joven investigador convenio COLCIENCIAS-CENICAÑA. Utilización de cogollos y follaje de caña de azúcar como alimento para rumiantes, mediante suplementación con residuos de agroindustria. Cali, CENICAÑA, 1999. 46 p.
- Briceño B., C.O.; Gómez P, A.L. Auditoría energética en línea: un mecanismo de gestión en el proceso fabril azucarero. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1998. v.20, no.4, p.11-12
- Briceño B., C.O. Metrología: un factor determinante en el mejoramiento de la calidad y competitividad de los ingenios. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.1, p.5-7
- Briceño B., C.O.; Gil Z., N. El sello y la certificación de aseguramiento de la calidad ICONTEC para los ingenios azucareros. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.2, p.39-41
- Briceño B., C.O. La biomasa de la caña de azúcar como fuente de energía primaria. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.3, p.10-15
- Briceño B., C.O. Gestión energética en la industria azucarera. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.65
- Bustamante A., L. Un aporte del sector azucarero a la información bibliográfica en Colombia: el centro de documentación de CENICAÑA. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.15-16
- Calero S., L.M. Manejo integral de residuos sólidos. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.2, p.34-38
- Carbonell, J.; Ortiz, B.V. GIS: A Research-Support Tool for the Sugarcane Crop. ESRI Map Book.v.14. New York – USA, Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI), 1999. p.3
- Carbonell G., J.A.; Ortiz U., B.V. Los sistemas de información geográfica y la administración de áreas experimentales. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.1, p.10-11
- Carbonell G., J.A. Análisis de la precipitación enero a marzo de 1999, valle geográfico del río Cauca. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.1, p.17-19
- Carbonell G., J. Areas de influencia de la red meteorológica automatizada. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.3, p.21-22
- Carbonell G., J. Sistemas de información geográfica. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.66-67
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. Catálogo de objetos geográficos básicos. Sector azucarero colombiano. Cali, CENICAÑA, 1999. 20 p.

- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. Manual de auditoría energética para los ingenios azucareros de Colombia. Cali, CENICAÑA, 1999. 199 p.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. Estudio del cliente de la nueva tecnología de CENICAÑA. Segundo informe técnico. Contrato COLCIENCIAS-CENICAÑA. Código 2214-07-336-95. Cali, CENICAÑA, 1999. 181 p.
- Cock, J.H. Agricultura contractual: la caña de azúcar en Colombia. Cali, CENICAÑA, 1999. 33 p. (Documento de trabajo, no.423)
- Cock, J.H. Informe del Director General a la Sala General. Cali, CENICAÑA, 1999. 11 p. (Documento de trabajo, no.412)
- Cortés B., E. Comportamiento del clima durante 1998. Estación meteorológica CENICAÑA – San Antonio de los Caballeros. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1998. v.20, no.4, p.16-20
- Cortés B., E. Boletín climatológico anual. Estación meteorológica CENICAÑA – San Antonio de los Caballeros. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1998. v.20, no.4, p.21-22
- Cortés B., E. Boletín climatológico mensual. Estación meteorológica CENICAÑA – San Antonio de los Caballeros, enero a marzo de 1999. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.4, p.20-21
- Cortés B., E. Resumen climatológico mensual. Red meteorológica automatizada del sector azucarero colombiano, enero a marzo de 1999. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.4, p.22-24
- Cortés B., E. Resumen climatológico mensual. Red meteorológica automatizada del sector azucarero colombiano, abril a junio de 1999. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.4, p.31-33
- Cortés B., E. Resumen climatológico mensual. Red meteorológica automatizada del sector azucarero colombiano, julio a septiembre de 1999. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.4, p.16-18
- Cruz Valderrama, R.; Londoño G., J.D. Aporque y aumento en los rendimientos de azúcar en la cosecha de caña semimecanizada. Cali, CENICAÑA, 1999. 36 p. (Documento de trabajo, no.411)
- Echeverri D., L.F. Informe final del contrato pasantía joven investigador Convenio COLCIENCIAS-CENICAÑA. Uso racional de energía en estaciones de molienda de ingenios azucareros. Cali, CENICAÑA, 1999. 62 p.
- Garcés T., D.; Palma Z., A.; Gil Z., N. Los muestreadores en el proceso fabril. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.1, p.8-9
- Garzón Marmolejo, M.I. Informe final del contrato pasantía joven investigador Convenio COLCIENCIAS-CENICAÑA. Caracterización ambiental de los procesos de fábrica. Efluentes líquidos. Cali, CENICAÑA, 1999. 49 p.
- Gil, N.J.; Briceño, C.O.; Vivas, A.L.; Ramos, A.A.; Caicedo, G. Comparación de los tachos continuo vertical (VKT) y batch para la elaboración de masas C. Revista GEPLACEA (México). no.9, p. 13-17. Julio-1999. También en International Sugar Journal, v.10, ISSUE no. 1208, p. 411-415. Agosto-1999.
- Gómez, L.A. Cenicaña y las plagas de la caña de azúcar. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.120-122
- Gómez, L.A.; Lastra, L.A. Insectos y caña verde. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1998. v.20, no.4, p.8-10
- Gómez, L.A.; Lastra, L.A. Plaga de la caña de azúcar: vuelven las mariposas de *Caligo*. Boletín de prensa CENICAÑA. Cali, mayo-1999.
- Gómez P., A.L. Diagnóstico de estaciones de molienda. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.2, p.8-10
- Guzmán Romero, M.L.; Angel Sánchez, J.C.; Victoria Kafure, J.I. Evolución de la escaldadura de la hoja y raquitismo de la soca en cultivos de caña de azúcar. En: Congreso Nacional de Fitopatología, 19, Pasto, 27-29 Mayo, 1998. Resumen. Pasto, ASCOLFI, 1998. p. 71
- Guzmán Romero, M.L.; Victoria Kafure, J.I. Utilización de los métodos inmunoenzimáticos Dot-blot y Tissue-blot en el diagnóstico de raquitismo de la soca (RSD) de la caña de azúcar en tejido foliar. En: Reunión Anual APS-CD de la Sociedad Americana de Fitopatología- División Caribe, 39, San Juan, 21-25 Junio, 1999. Resumen. San Juan de Puerto Rico, APS-CD, 1999. p.73 También en Congreso de la Asociación Nacional de Fitopatología, 20, Manizales, 30 jun.-2 jul., 1999
- Hernández Parra, J.C. Avances en la utilización de dos técnicas inmunoenzimáticas serológicas en el diagnóstico de enfermedades de origen viral y bacterial importantes económicamente en el banco de germoplasma de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*) de CENICAÑA. Cali, CENICAÑA, 1999. 23 p.
- Isaacs, C.H. Desarrollo agroindustrial de Chile. Revista PROCANA (Colombia). no. 46. Mayo 1999. p.7-12
- Isaacs, C.H. Seguitec: seguimiento de tecnología. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.1, p.25-29
- Larrahondo, J.E. Informe de asistencia. Segundo Congreso Internacional de aplicaciones de la espectroscopía NIR en países latinoamericanos. Cali, CENICAÑA, 1999. 9 p. (Documento de trabajo, no.422)

- Larrahondo, J.E. Pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda. Segundo Informe Técnico Contrato COLCIENCIAS-CENICAÑA 537-97. Cali, CENICAÑA, 1999. 17 p.
- Larrahondo, J.E.; Palau G., F.; Navarrete, A.; Ramírez, C. The potential of near-infrared spectroscopy in the sugarcane industry of Colombia. Cali, CENICAÑA, 1999. 13 p. (Documento de trabajo, no.421)
- Larrahondo, J.E.; Palau G., F.; Navarrete, A.; Ramírez, C. Benefits and analysis of near-infrared spectroscopy applications in sugarcane. Cali, CENICAÑA, 1999. 13 p. (Documento de trabajo, no.414)
También en Journal of Near Infrared Spectroscopy and NIR news, vol. NIR-99, West Sussex PO18 0HY, United Kingdom.
- Larrahondo, J.E.; Palau G., F.; Navarrete, A.; Ramírez, C. Aplicaciones de la espectroscopía de infrarrojo cercano en la caña de azúcar. Revista PROCAÑA (Colombia). no. 43. Sept.-1999.
- Larrahondo, J.E.; Palau G., F. Desarrollo de la metodología NIR en la industria azucarera colombiana. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.123-124
- López Vanegas, M.N. Impacto económico de la inversión en investigación y desarrollo en los niveles de productividad del sector azucarero: caso CENICAÑA. Cali, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas, 1999. 112 p.
- López, A.M. Informe final Convenio COLCIENCIAS-CENICAÑA. Caracterización de marcadores moleculares para volcamiento en caña de azúcar. Cali, CENICAÑA, 1999. 24 p. (Anexos)
- Luna González, C.A. Modelo general del negocio agroindustrial azucarero. Documento de conceptualización (Ensayo sobre el dimensionamiento de la agroindustria). Cali, CENICAÑA, 1999. 28 p. (Documento de trabajo, no.426)
- Luna, C.A.; Tafur, J.; Palma, A.E.; Ospina, O.; Vivas, L.; Arias, O.L. Bases de un sistema de información para la eficiencia económica en la agroindustria azucarera. International Sugar Journal, Worldwide Edition. Volumen CI ISSUE no. 1212. Inglaterra, december 1999.
- Oliveros Chávez, C.M. Informe final del contrato pasantía joven investigador Convenio COLCIENCIAS-CENICAÑA. Establecimiento de una metodología para la determinación de sacarosa en el campo. Cali, CENICAÑA, 1999. 109 p.
- Orrego Chansi, W. Informe final del contrato pasantía joven investigador Convenio COLCIENCIAS-CENICAÑA. Modelamiento y simulación del proceso de molienda fase II. Cali, CENICAÑA, 1999. 69 p.
- Ortiz Uribe, B.V.; Carbonell González, J. Variabilidad en la productividad de caña de azúcar en Colombia analizada a través de Sistemas de Información Geográfica. Cali, CENICAÑA, 1999. 21 p. (Documento de trabajo, no.413)
- Pérez C., N. La capacitación de personal en CENICAÑA. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.13-14
- Posada Contreras, C.; Luna González, C.A. Comportamiento comercial de la caña de azúcar cosechada en los valles de los ríos Cauca y Risaralda, 1998. Cali, CENICAÑA, 1999. 64 p. (Serie técnica, no.26)
- Posada Contreras, C.; Luna González, C.A. Censo de variedades de caña de azúcar 1998. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.2, p.11-33
- Quintero Durán, R. Extracción de nutrimentos por la caña de azúcar. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.2, p.4-7
- Quintero Durán, R. Fertilización de la caña de azúcar en suelos del valle del río Cauca, Colombia. Cali, CENICAÑA, 1999. 12 p. (Documento de trabajo, no.425. (Presentado en Congreso Internacional Agricultura-99, 2, Guayaquil, 22-27 noviembre, 1999)
- Quintero Durán, R. Fertilización de las variedades MZC 74-275, V 71-51 y CC 85-68. Cali, CENICAÑA, 1999. 21 p. (Documento de trabajo, no.419)
- Quintero Durán, R. Fertilización y manejo de suelos alcalinos. Cali, CENICAÑA, 1999. 9 p. (Documento de trabajo, no.420)
- Quintero Durán, R. Manejo del cultivo de la caña de azúcar en suelos alcalinos del valle del río Cauca. En: Seminario Fertilización y Manejo de Suelos Alcalinos. Palmira (Colombia) 16-17 sept., 1999. Memorias. Palmira, Universidad Nacional de Colombia y Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1999. p. 1-9
- Quintero Durán, R. Fertilización de la caña de azúcar. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.131-133
- Ranjel, H.; Amaya, A.; Viveros, C.A.; Victoria, J.I. Evaluación de variedades australianas. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.1, p.3-4

- Ranjel, H.; Viveros, C.A.; Amaya, A.; Victoria, J.I. Germoplasma de caña de azúcar. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.118-119
- Samper G., A. Propuesta de Asocaña para crear un centro nacional de investigaciones de caña de azúcar. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.5-9
- Torres, J.; Cruz, R. El Cenirrómetro. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.125-126
- Torres, J. El subsolador Cenitándem. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.129-130
- Torres, J.; Cruz, R. Programación de los riegos. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.136-137
- Uribe Jaramillo, P.T.; Isaacs Echeverry, C.H.; Raigosa Varela, J.P.; Cuéllar Cano, J. Informe técnico de validación comercial de tecnologías en fincas piloto. Ingenio Sancarlos- Hacienda El Arenal. Cali, CENICAÑA, 1999.46 p. (Documento de Trabajo, no.407)
- Uribe Jaramillo, P.T.; Isaacs Echeverry, C.H.; Raigosa Varela, J.P.; Uribe Escobar, J.J.; Flórez Restrepo, M. Informe técnico de validación comercial de tecnologías en fincas piloto. Ingenio Risaralda- Hacienda Miramar. Cali, CENICAÑA, 1999. 42 p. (Documento de Trabajo, no.404)
- Uribe Jaramillo, P.T.; Isaacs Echeverry, C.H. Fincas piloto: validación y transferencia de tecnología. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.68-71
- Victoria Kafure, J.I.; Guzmán Romero, M.L.; Cuervo, E.; Lockhart, B.E.L. Síndrome de la hoja amarilla en Colombia. Cali, CENICAÑA, 1999. 4 p. (Serie Divulgativa, no.07)
- Victoria, J.I. Control eficaz de las enfermedades de la caña de azúcar mediante su manejo integral. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.143-147
- Victoria, J.I. Incidencia de la escaldadura de la hoja. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.32-33
- Victoria, J.I.; Alvarez, A.; Angel, J.C., Cassalet, C. Sistema de introducción de variedades de caña de azúcar a Colombia. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.140 – 142
- Victoria, J.I.; Garcés, F.; Guzmán, M.L.; Angel, F. Síndrome de la hoja amarilla en Colombia SCYLV (Sugarcane Yellow Leaf Virus). En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.28-31
- Victoria, J.I. Manejo integral de las enfermedades de la caña de azúcar. Memorias XVI Congreso Venezolano de Fitopatología, noviembre 14-18. Barquisimeto, Venezuela. p.10
- Victoria, J.I. Diagnóstico molecular de patógenos de la caña de azúcar en Colombia. Memorias XVI Congreso Venezolano de Fitopatología, noviembre 14-18. Barquisimeto, Venezuela. p.6
- Villegas, F. Los maduradores y la producción. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.134-135
- Viveros, C.A.; Amaya, A.; Ranjel, H. La floración de la caña de azúcar. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.27
- Viveros, C.A., Amaya, A., Villegas, F., Palma, A. Variedades y algunos factores relacionados con la cosecha sin quemar. En: Robayo Vanoy, G., Comp. Caña, azúcar y panela en el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años CENICAÑA 1977-1998. Santafé de Bogotá, COMIMPU, 1998. p.26
- Viveros, C.A.; et al. Corte manual verde limpio de caña de azúcar. Carta Trimestral. CENICAÑA, 1999. v.21, no.3. p.7-9
- Zambrano Salgado, Y.F. Informe final del contrato pasantía joven investigador Convenio COLCIENCIAS-CENICAÑA. Simulación dinámica de un clarificador de jugos de caña (tipo rápido). Cali, CENICAÑA, 1999. 23 p.

Personal Profesional

(a diciembre de 1999)

Dirección General

James H. Cock
Director General
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.

Nohra Pérez Castillo
Secretaria Junta Directiva
Economista

Programa de Variedades

Alvaro Amaya Estévez
Director
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.

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

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

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

Juan Carlos Ángel Sánchez
Fitopatólogo
Ingeniero Agrónomo M. Sc.

María Luisa Guzmán Romero
Microbióloga
Bacterióloga

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

Luz Adriana Lastra Borja
Bióloga
Bióloga-entomóloga

Fernando Ángel Sánchez
Biotecnólogo
Microbiólogo, Ph.D.

Programa de Agronomía

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

Fernando Villegas Trujillo
Ingeniero de Mecanización Agrícola
Ingeniero Agrícola, M. Sc.

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

Rafael Quintero Durán
Edafólogo
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Carlos Alberto Madriñán¹
Ingeniero Mecánico

Eduardo Fabio Cerón González²
Investigador Labranza Reducida
Ingeniero Agrónomo

Programa de Procesos de Fábrica

Carlos Omar Briceño
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
Ingeniero de Procesos
Ingeniero Químico

Adolfo León Gómez Perlaza³
Ingeniero Mecánico
Ingeniero Mecánico, M. Sc.

Programa de Análisis Económico y Estadístico

Carlos Adolfo Luna González
Director
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Carlos Arturo Moreno Gil
Biometrista
Estadístico, M. Sc.

Alberto Efraín Palma Zamora
Biometrista
Matemático, M. Sc.

Oscar Humberto Daza Medina²
Investigador Económico
Ingeniero Agrícola, Ph. D.

Claudia Posada Contreras
Economista
Economista

Servicio de Información y Documentación

Guadalupe Bustamante Alvarez
Jefe
Licenciada en Bibliotecología

Servicio de Tecnología Informática

Einar Anderson Acuña
Jefe
Ingeniero Industrial

Alexander Obonaga Palau²
Programador de sistemas
Ingeniero de Sistemas

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Camilo Humberto Isaacs Echeverry
Jefe
Ingeniero Agrónomo

Victoria Eugenia Carrillo Camacho
Especialista en Comunicación Técnica
Comunicadora Social

Juan Pablo Raigosa Varela²
Proyecto Estudio del Cliente
Ingeniero Agrícola

Superintendencia Centro Experimental

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

Enrique Cortés Betancourt
Meteorólogo
Ingeniero Meteorólogo, M. Sc.

José Yesid Gutiérrez Viveros²
Administrador Red Meteorológica
Ingeniero Agrícola

Brenda V. Ortiz Uribe²
Analista de Sistemas de Información Geográfica
Ingeniera Agrícola

Dirección Administrativa

Nohra Pérez Castillo
Directora Administrativa
Economista

Ligia Genith Medranda Rosasco
Contadora - Unidad de Contabilidad
Contadora Pública

Eduardo Fonseca Roa
Jefe - Servicios Generales
Técnico Mercadeo Agrícola

1. Contrato de consultoría mecanización agrícola

2. Contrato a término fijo

3. Contrato con Univalle, medio tiempo

Jóvenes Investigadores

El apoyo interinstitucional para la preparación de jóvenes talentos en áreas de investigación y desarrollo tecnológico es una de las estrategias de COLCIENCIAS para fortalecer la capacidad científica del país.

Así, durante 1999 se mantuvo el Convenio 011/98, a través del cual CENICAÑA vinculó a diez jóvenes investigadores en diferentes áreas del conocimiento, quienes realizan sus actividades con la tutoría de investigadores del Centro.

Nombre	Profesión	Programa de Investigación	Fecha inicio contrato	Fecha finalización contrato
Yesid Fabián Zambrano Salgado	Ingeniero Químico	Procesos de Fábrica	Mayo 11/1998	Mayo 11/1999
Claudia Marcela Oliveros Chávez	Ingeniera Agrónoma	Variedades	Agosto 01/1998	Agosto 01/1999
Wilson Eliécer Orrego Chansi	Ingeniero Mecánico	Procesos de Fábrica	Agosto 01/1998	Agosto 01/1999
Luis Fernando Echeverri Dávila (Reemplazó a Giovanni Pavolini Lis)	Ingeniero Mecánico	Procesos de Fábrica	Octubre 26/1998	Octubre 26/1999
María Cecilia Cabra Tamayo	Estadística	Análisis Económico y Estadístico	Octubre 26/1998	Octubre 26/1999
Sandra María Aranguren Medina	Ingeniera Química	Variedades	Octubre 26/1998	Octubre 26/1999
Biviana Orozco Cobo	Economista	Análisis Económico y Estadístico	Noviembre 17/1998	Noviembre 17/1999
Martha Isabel Garzón Marmolejo	Ingeniera Sanitaria	Procesos de Fábrica	Diciembre 01/1998	Diciembre 01/1999
María Paola Rangel Lema	Bióloga	Variedades	Mayo 24/1999	Mayo 24/2000
Silvio Fernando Cadena Saucedo	Ingeniero Agrónomo	Agronomía	Septiembre 01/1999	Septiembre 01/2000

Los informes elaborados por los jóvenes investigadores están disponibles en el Servicio de Información y Documentación de CENICAÑA:

Aranguren, S.P. Informe final del contrato pasantía joven investigadora convenio COLCIENCIAS – CENICAÑA. Utilización de cogollos y follaje de caña de azúcar como alimento para rumiantes, mediante suplementación con residuos de agroindustria. Cali, CENICAÑA, 1999. 46.

Echeverri D., L.F. Informe final del contrato pasantía joven investigador Convenio COLCIENCIAS – CENICAÑA. Uso racional de energía en estaciones de molienda de ingenios azucareros. Cali, CENICAÑA, 1999. 62 p.

Garzón Marmolejo M.I. Informe final del contrato pasantía joven investigadora Convenio COLCIENCIAS – CENICAÑA. Caracterización ambiental de los procesos de fábrica. Efluentes líquidos. Cali, CENICAÑA, 1999. 23 p.

Oliveros Chávez, C. M. Informe final del contrato pasantía joven investigadora Convenio COLCIENCIAS – CENICAÑA. Establecimiento de una metodología para la determinación de sacarosa en el campo. Cali, CENICAÑA, 1999. 109 p.

Orrego Chansi W. Informe final del contrato pasantía joven investigador Convenio COLCIENCIAS – CENICAÑA. Modelamiento y simulación del proceso de molienda en fase II. Cali, CENICAÑA, 1999. 69 p.

Zambrano Salgado, Y.F. Informe final del contrato pasantía joven investigador Convenio COLCIENCIAS – CENICAÑA. Simulación dinámica de un clarificador de jugos de caña (tipo rápido). Cali, CENICAÑA, 1999. 49 p.

Referencias bibliográficas

- (1) Aguilar, A.; Peña, U.; Friedman, P.; Brito, B. La combustión de los residuos agrícolas de la caña de azúcar. Parte I: características combustibles. Cuba Azúcar p.40-47. Enero-marzo 1989
- (2) Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia. Diagnóstico ambiental del sector azucarero. Informe final-Rev.1.0 Santafé de Bogotá, AMBIOTEC, 1997. 194p.
- (3) Briceño, C.O.; Cock, J.H.; Torres, J.S. Electric power from green harvesting residues of sugar cane in Colombia. A pre-feasibility study on its technical and economical viability, A GEF block a project. Final report. Cali, CENICAÑA, 1999. 31 p.
- (4) Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. Informe Anual 1998. Cali, CENICAÑA, 1999. 144p.
- (5) Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. Manual de auditoría energética para los ingenios azucareros de Colombia. Cali, CENICAÑA, 1999. 199p.
- (6) Chardon, C.E. Reconocimiento agropecuario del Valle del Cauca. San Juan, Puerto Rico, s.e., 1930. 342p.
- (7) Curso de preparación y molienda, Cali, Colombia, febrero 22-26, 1999. [Material básico para análisis y complemento]. Cali, Convenio SENA-ASOCAÑA, 161p.
- (8) Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Estudio semidetallado de suelos del valle geográfico del río Cauca. Santafé de Bogotá, IGAC, 1980
- (9) Larrahondo, J.E. Pérdidas de Sacarosa entre cosecha y molienda. Segundo Informe Técnico. Contrato COLCIENCIAS-CENICAÑA 537-97. Cali, CENICAÑA, 1999. 17p.
- (10) Larrahondo, J.E.; Briceño Beltrán, C. O.; Viveros Valens, C. A.; Cock, J. H.; Palma Zamora, A. E.; Navarrete, A.; Ospina López, O. Evaluation of cane trash. International Sugar Journal World Wide v.100 no.1200, p.587,590-591. December 1998.
- (11) Larrahondo, J.E.; Briceño Beltrán, C. O.; Muñoz, S.C. Uso del tricloruro de aluminio en determinaciones analíticas del proceso azucarero. Cali, CENICAÑA, 1997. 8p.
- (12) Ramos, O.G. A la conquista del azúcar; Ingenios Riopaila S.A. y Central Castilla S.A. en homenaje a su fundador Hernando Caicedo. Cali, FERIVA, 1990. 227p.
- (13) Ramos, O.G. La solera de la caña de azúcar. En: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, CENICAÑA, 1995. p.3-8
- (14) Ramos, O.G. Sembrando bienandanza. Ingenio San Carlos. 50 años. Tuluá, Valle, Ingenio San Carlos, 1998. 268 p.
- (15) Ripoli, T.C.; Molina Junior, W.F.; Stupiello, J.P.; Nogueira, M.C.S.; Saccomano, J.B. Potencial energético de residuos de cosecha de la caña verde. STAB (Brasil) v.10 no.1, p.22,24-25,28. Set.-out. 1991

Acrónimos, abreviaturas y términos técnicos y regionales

De instituciones:

- ASOCAÑA: Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia
AZUCARI: Asociación de Cañicultores de Risaralda
CENICAÑA: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia
CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical
COLCIENCIAS: Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas
GEF: Global Environmental Facility (Banco Mundial)
COPERSUCAR: Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo Ltda.
GEPLACEA: Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar
ICA: Instituto Colombiano Agropecuario
ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas
IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
ISSCT: International Society of Sugar Cane Technologist
PROCAÑA: Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña de Azúcar
SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje (Colombia)
SMRI: Sugar Milling Research Institute (Suráfrica)
SRI: Sugar Research Institute (Australia)
TECNICAÑA: Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar

De expresiones técnicas y unidades:

- BTU: british thermal unit
cm: centímetro
GJ: giga Julio
h: hora
ha: hectárea
kg: kilogramo
Kcal: kilocaloría
Kwh: kilovatio hora
Kpa: kilopascal
m: metro
mm: milímetro
Pa.s: pascal por segundo
Rendimiento: porcentaje de azúcar (en peso) recuperado por tonelada de caña molida
t: tonelada
TAH: toneladas de azúcar por hectárea por cosecha
TAHM: toneladas de azúcar por hectárea por mes
TCH: toneladas de caña por hectárea por cosecha
TCHM: toneladas de caña por hectárea por mes
TSH: toneladas de sacarosa por hectárea por cosecha

Varios:

- LBR: Labranza reducida
- LSD: Escaldadura de la hoja (sigla en inglés)
- ME: Materia extraña
- MLV: Corte manual verde limpio de caña de azúcar
- MV: Corte manual verde convencional de caña de azúcar
- NF: Nivel freático
- NIR: Espectroscopía de Infrarrojo Cercano (sigla en inglés)
- RSD: Raquitismo de la soca (sigla en inglés)
- SIG: Sistema de información geográfica
- YLV: Síndrome de la hoja amarilla (sigla en inglés)

De variedades de caña de azúcar:

- CC: CENICAÑA Colombia
- CCSP: CENICAÑA Colombia – Sao Paulo
- CP: Canal Point
- MZC: Mayagüez Colombia
- POJ: Profstation Öost Java
- PR: Puerto Rico
- RD: República Dominicana
- V: Venezuela

Publicación CENICAÑA
Informe Anual 1999

Comité editorial:

Álvaro Amaya Estévez
Camilo H. Isaacs Echeverry
Guadalupe Bustamante Alvarez
James H. Cock
Nohra Pérez Castillo
Victoria Carrillo Camacho

Producción editorial:

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Coordinación editorial y edición de textos:

Victoria Eugenia Carrillo Camacho

Diseño gráfico y diagramación:

Alcira Arias Villegas

Mapas:

Brenda Valesca Ortiz Uribe, área de Sistemas de Información Geográfica

Fotografías:

Paula Uribe (p. ix, 49, 72, 73, 79, 81, 99)

Victoria Carrillo (1, 85, 89)

Alvaro Cuéllar (ii, 15, 19, 39, 95)

Juan Pablo Raigosa (25, 82)

Fernando Villegas (32, 86, 87)

Jorge Victoria (33, 37)

Carlos Viveros (34)

Archivo Programa de Fábrica (91)

Mario Otoy (110, 111)

Preprensa digital e impresión:

Impresora Feriva S.A. Cali, Colombia

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, Procesos de Fábrica y Análisis Económico y Estadístico; cuenta con servicios de apoyo en Tecnología Informática, Información y Documentación, 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.

Los recursos de financiación durante 1999 corresponden a donaciones directas realizadas por los ingenios azucareros Central Castilla, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda, Sancarlos y Sicarare, y por 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.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA, 2000

CITA BIBLIOGRÁFICA

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali.
2000. Informe Anual 1999. Cali, CENICAÑA. 132p.