

TEMAS

NOTAS TÉCNICAS 3

NOTAS DE INVESTIGACIÓN

Compuestos Orgánicos en Vinaza 5

INFORMES

Comportamiento sanitario de la variedad CC 85-92 7

Reglamentaciones vigentes para quemas de caña de azúcar 10

Incremento de los costos de energía... 12

Alcohol carburante: una alternativa con altos beneficios para Colombia 16

Análisis de transmisiones de trenes de molienda 21

Indices cronoproductividad de caña y azúcar en tres ingenios 23

Resumen climatológico mensual: abril a septiembre de 2000 26

COMENTARIOS

Conservación de la red de drenaje subsuperficial 32

Estadística Espacial 36

INFORMACIÓN GENERAL

Jornada sobre aplicaciones diversas de los SIG 40



cenicaña

**Centro de Investigación
de la Caña de Azúcar de
Colombia**

Comportamiento sanitario de la variedad CC 85-92



Variedad CC 85-92

Foto: Paula Uribe J.

Las evaluaciones sanitarias de la variedad CC 85-92 indican que la incidencia de enfermedades es baja en semilleros y en campos comerciales. Se recomienda continuar los programas de limpieza de las herramientas de corte y utilizar siempre semilla sana, libre de patógenos.

Página 7

Creció el área de no quema

En más de cincuenta corregimientos del Valle del Cauca se amplió el área de eliminación de quemas agrícolas. La medida obliga a establecer la cosecha de la caña en verde y a suprimir la práctica de requemar los residuos. Quienes no cumplan serán sancionados penalmente.

Página 10

Incrementos en costos de energía

En Colombia, la Comisión Reguladora de Energía y Gas emitió una resolución que modificará el sistema de tarifas de energía a partir de enero de 2001. Los costos del servicio aumentarán para ingenios y cañicultores.

Página 12

Presentación

La diversidad temática que encontrará en esta *Carta Trimestral* es una invitación al futuro. Para abordarla, quizá valga la pena recordar que los registros del pasado siempre iluminan estas invitaciones; igual, que la capacidad para decidir el camino a seguir exige una visión integral de los asuntos de interés, especialmente para no ser sorprendidos por su dinámica.

Quiero destacar en este número la participación de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia, ASOCAÑA. Nuestra alianza continuará para contribuir a la visión integral, aportando información sobre legislación, proyectos y temas de gestión sectorial de interés para ingenios y cañicultores.

Director general de CENICAÑA:

doctor Alvaro Amaya Estévez



El pasado mes de agosto la Junta Directiva de CENICAÑA confió en el doctor Alvaro Amaya Estévez la administración general del Centro.

Experto en fitomejoramiento, se vinculó a la institución en 1982; desde 1998 hasta su nombramiento fue director del programa de investigación en variedades de caña. Durante su gestión promovió el fortalecimiento de las relaciones entre investigadores, técnicos, cañicultores e industria como un elemento indispensable para el éxito de los resultados futuros.

Es una persona disciplinada, respetuosa y efectiva en sus tareas. Un colombiano que cree en el futuro de su país. Un profesional que se compromete a capitalizar su experiencia como investigador y administrador de la investigación para continuar aportando, con ideas rectoras y visión integral, al desarrollo competitivo de la cañicultura y su aprovechamiento industrial. Su filosofía es contribuir al conocimiento científico del quehacer agroindustrial en beneficio de las comunidades relacionadas con la actividad.

Felicitaciones al doctor Amaya y toda nuestra confianza en su capacidad de gestión.

Victoria Carrillo C.
Coordinadora editorial



Si cambia de dirección
remita sus datos a
buzon@cenicana.org

La *Carta Trimestral* también en Internet
<http://www.cenicana.org>

Carta Trimestral
ISSN 0121-0327

Año 22, No. 3 de 2000

Comité Editorial

ALVARO AMAYA ESTÉVEZ
CAMILO ISAACS ECHEVERRY
LUPE BUSTAMANTE ALVAREZ
NOHRA PÉREZ CASTILLO
VICTORIA CARRILLO CAMACHO

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Coordinación Editorial y Edición de Textos: VICTORIA CARRILLO CAMACHO
Diseño y Artes Finales: ALCIRA ARIAS VILLEGAS
Diagramación e Ilustraciones: MENDOZA & DISHINGTON
Preprensa e Impresión: FERIVA S. A. - CALI

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

Centro Experimental San Antonio de los Caballeros -Vía Cali-Florida k. 26
Oficina de Enlace: Calle 58 Nte. No. 3BN-110 Cali, Colombia
Teléfonos: (57-2) 6648025 al 30 Fax: (57-2) 6641936

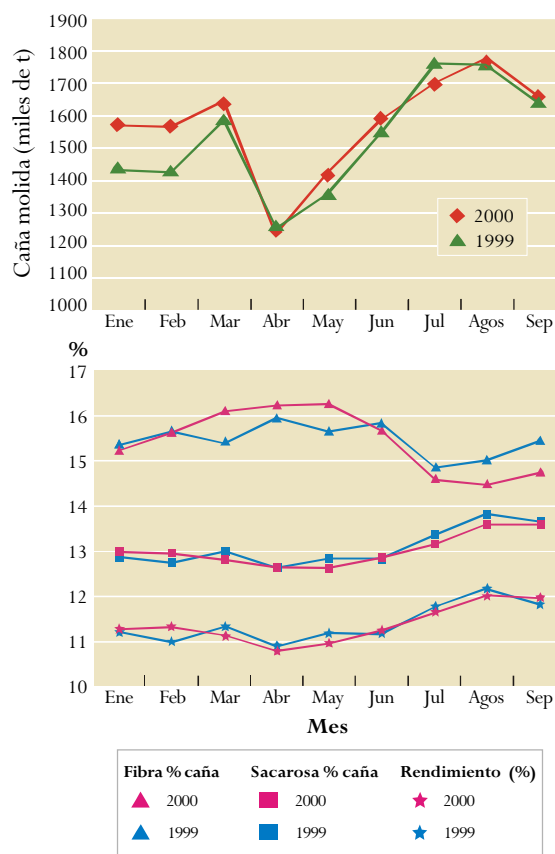
NOTAS TÉCNICAS

Cifras del sector azucarero colombiano

Con una molienda anual acumulada de 14'166,265 toneladas de caña, hasta septiembre de 2000 la industria había producido 1'616,937 toneladas de azúcar. El porcentaje de azúcar recuperado por cada tonelada de caña molida durante los primeros nueve meses del año (rendimiento real con base en 99.7°) fue de 11.40% en promedio.

En relación con el mismo período del año anterior la molienda se incrementó en 407,877 toneladas, la producción de azúcar creció en 43,514 toneladas y el rendimiento disminuyó en 0.02 unidades porcentuales.

Las cifras corresponden a los ingenios Central Castilla, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda y Sancarlos.



Corte manual verde limpio



Corte mecanizado

Modelo para el Análisis Económico de los Sistemas de Cosecha de Caña

La selección del sistema de cosecha es una decisión que debe ser analizada considerando su afecto en las finanzas de todo el proceso de producción de azúcar. Con este principio CENICAÑA, en asocio con el Ingenio Manuelita, desarrolló un modelo para medir y comparar los efectos económicos de cinco sistemas de cosecha, el cual es sensible a cambios en diferentes variables de interés. Se encuentra disponible en hojas electrónicas de Excel 7.0 (Microsoft®) y consta de ocho archivos vinculados de forma dinámica. Los sistemas de cosecha incorporados en el modelo son: manual con caña quemada, manual convencional con caña verde, manual limpio con caña verde, mecanizado con caña quemada y mecanizado con caña verde.

El modelo es sensible a cambios en los valores de variables como la eficiencia del corte y el transporte, la producción de caña y sacarosa, el tiempo de permanencia entre corte y molienda, el porcentaje de materia extraña en la caña moledera, los precios del azúcar y de otros subproductos, la composición del capital de la empresa, el tipo de

tenencia de la tierra y el cultivo, entre otras. Las diferencias de estas variables entre sitios y entre períodos del año (p.e. época seca o época lluviosa) indican que los resultados del modelo no deben aplicarse de forma generalizada y que, por el contrario, las decisiones deben obedecer al análisis de las variables particulares.

Para la comparación de los sistemas el modelo calcula diferentes indicadores técnicos y financieros, los últimos en términos de precios de hoy (reales) o precios corrientes de cada año. Estos indicadores van desde simples coeficientes técnicos y estimados de costos unitarios (por hectárea, tonelada de caña y tonelada de azúcar) hasta indicadores de crecimiento del negocio. Para medir los beneficios relativos de cada sistema desde el punto de vista de los propietarios del negocio, se recomienda usar dos indicadores financieros principales: el saldo neto operacional en efectivo y el saldo neto de caja en efectivo.

El primero mide la capacidad de cada sistema para cubrir sus propios costos de operación y los impuestos del negocio, con un margen bruto sobre la operación para el productor. Este indicador es equivalente al estado contable de pérdidas y ganancias del negocio excepto que muestra el flujo de dinero en efectivo. El segundo, saldo neto de caja en efectivo, mide la capacidad de los sistemas para

agregar valor al patrimonio de la empresa; al efecto, el saldo neto operacional se ajusta por los pagos financieros, gastos de reposición de activos, reparto de dividendos y por los requerimientos mínimos de caja para operar (capital de trabajo).

Esquema del Modelo para el Análisis Económico de los Sistemas de Cosecha de Caña



Los resultados de aplicar el modelo en una condición específica comparando la cosecha en época lluviosa y en época seca indican que:

El manejo de la cosecha en verde no necesariamente debe significar la mecanización del corte; el modelo considera el sistema de cosecha manual en verde limpio como una alternativa que puede ser atractiva en zonas donde las condiciones particulares impiden mecanizar.

El sistema de corte manual con caña quemada resulta superior en términos financieros para los productores de azúcar sobre los demás sistemas, dada su mayor capacidad para agregar valor al patrimonio de la empresa en un escenario donde las condiciones de cosecha son favorables (época seca). Mientras para épocas desfavorables (lluviosa) el sistema manual verde limpio es una alternativa atractiva.

Para reducir la pérdida potencial de valor de las empresas con el sistema de cosecha en verde es necesario seguir destinando esfuerzos al desarrollo de tecnologías apropiadas para su manejo, en términos de inversiones en maquinaria, adecuación del campo, mejores prácticas culturales y de procesos, así como el desarrollo de variedades con alta concentración de sacarosa, erectas, uniformes y de baja producción de residuos.

Orozco, B; Luna, C.A; Palma, A; Larrahondo, J. (CENICAÑA)
Pinzón, J.M; Galvis, D; Sluga, L; Arias, C.M; Vidal, G.L. (Ingenio Manuelita S.A.)

Compuestos orgánicos en vinaza*

Jesús E. Larrahondo¹, Angélica Morales A.²
Heriberto Victoria M.²; Alonso Jaramillo.³

Con los propósitos de identificar nuevas alternativas de aplicación o tratamiento de las vinazas y continuar estableciendo soluciones al problema ambiental generado por este subproducto derivado de la producción de alcohol, se realizó un estudio para identificar los compuestos orgánicos presentes en la vinaza.

Para el estudio se emplearon técnicas de extracción líquido-líquido, diálisis e identificación de los compuestos orgánicos mediante la aplicación de la

cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas. Actualmente, en Colombia, para la producción de alcohol se emplea como sustrato la melaza de caña de azúcar y como catalizador biológico la levadura *Sacharomyces Cerevisae*. La vinaza es un subproducto de alto volumen, generado en una relación de 14 litros de vinaza por cada litro de alcohol producido (Figura 1). La vinaza se caracteriza por su bajo pH (4.2 - 4.6) y alto contenido de materia orgánica disuelta y en suspensión. Además,

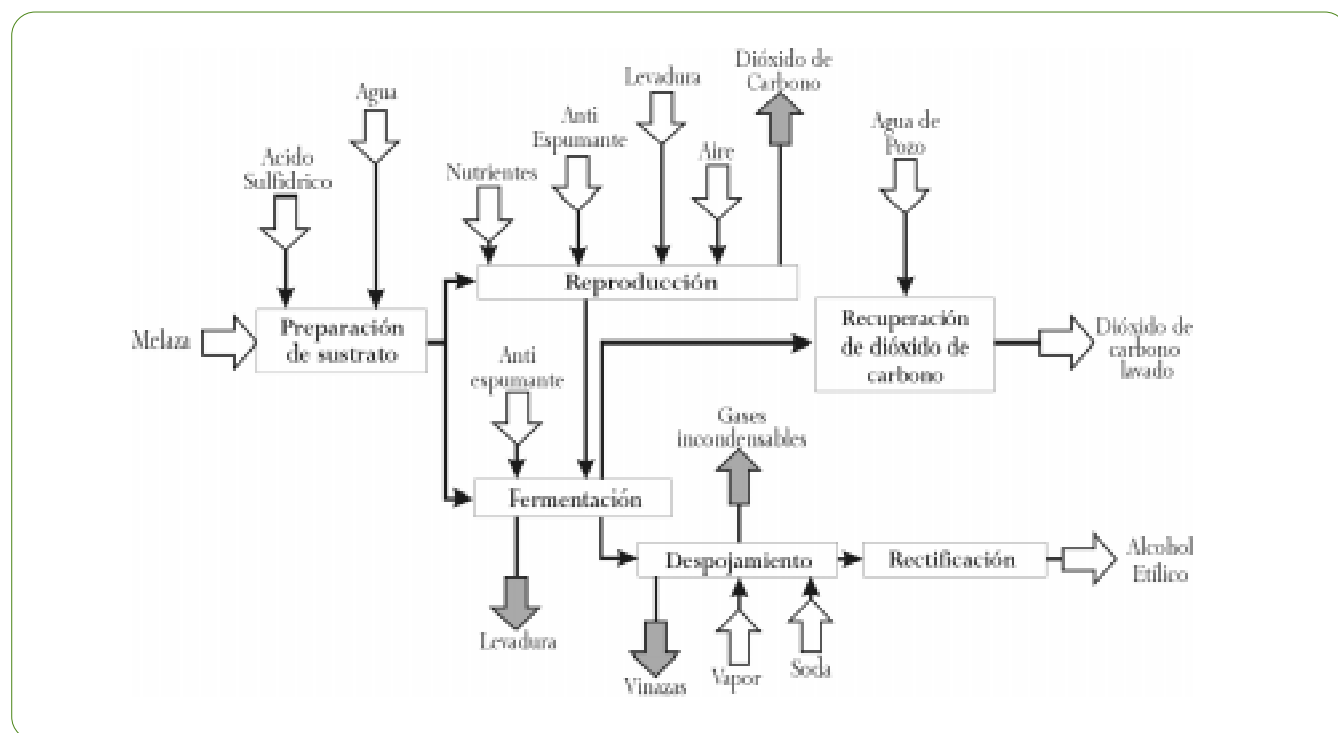


Figura 1. Diagrama del proceso de producción de etanol.

* Compendio elaborado a partir de: Morales A, A. 2000. Extracción e identificación de compuestos orgánicos en vinaza. Cali, Universidad del Valle (tesis Magister en Química Orgánica). 113 p.

1. CENICAÑA; 2. SUCROMILES S.A.; 3. Universidad del Valle

contiene una cantidad apreciable de sales inorgánicas compuestas de sulfatos y fosfatos de calcio, potasio, sodio y magnesio.

La disposición de la vinaza ha sido uno de los grandes retos de la industria alcohólica. Así, durante los últimos años se han evaluado y desarrollado aplicaciones de fertirrigación, producción de compost, recuperación de suelos, vinaza para alimentación animal, biodegradación mediante procesos de fermentación anaerobia y aerobia y como medio de cultivo para la producción de proteína unicelular.

La identificación de los compuestos orgánicos que se indican a continuación se realizó a partir de muestras de vinaza tomadas en la planta de Sucromiles S.A. Luego, mediante técnicas de extracción con varios solventes, derivatización y microextracción en fase sólida, se identificaron y cuantificaron varios compuestos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición de vinaza concentrada (64.8° Brix).

Compuesto	Concentración (%m/m)
2,3-butanodiol	0.01
2-metil-1,3-butanodiol	0.20
Glicerol	2.70
Sorbitol	1.40
Acido láctico	1.30
Acido succínico	0.07
Acido málico	0.23
Acido aspártico	0.05
Acido aconítico	1.80
Acido cítrico	0.80
Acido quínico	0.70
β-fructofurana	0.50
Alfa-glucopirana	0.30
Sacarosa	0.20
Trehalosa	0.30

Se identificaron quince compuestos orgánicos; los de mayor concentración fueron: glicerol (2.7%), ácido aconítico (1.8 %), sorbitol (1.4%), ácido láctico (1.3%), ácido quínico (0.7%), β-fructofurana (0.5%) y alfa-glucopirana (0.3%). Adicionalmente, con la técnica de microextracción en fase sólida, se identificaron compuestos volátiles como:

2,3-butanodiol, alcohol furfúrico, benzaldehído, 3-metoxiacetofenona. También se cuantificaron polisacáridos en un 3.38% m/m.

Además, se encontró que 2.3% de una fracción no dializable de la vinaza estaba constituida por mezclas de material polimérico y colorantes de alto peso molecular (superiores a 12,000 Da).

De acuerdo con este estudio, en la vinaza se encuentra una gama amplia de compuestos orgánicos: alcoholes, aldehidos, cetonas, ésteres, ácidos y azúcares. La presencia de estos compuestos en la vinaza tiene diferentes orígenes: provienen de la melaza, del proceso de fermentación del alcohol o se producen por degradación térmica en el proceso de destilación del vino obtenido en la etapa de fermentación alcohólica.

Entre los compuestos identificados, los de mayor concentración fueron el glicerol, el ácido láctico y el sorbitol; debido a su importancia comercial, resulta interesante adelantar evaluaciones técnico-económicas para estudiar la ruta de extracción y aprovechamiento de éstos y los restantes compuestos de la vinaza.

Otro estudio por desarrollar consiste en identificar la asimilación y transformación que la flora microbiana de los suelos puede hacer a partir de los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en la vinaza, y conocer su efecto en el mejoramiento de la productividad agrícola.

Comportamiento sanitario de la variedad CC 85-92

Jorge I. Victoria¹; María Luisa Guzmán¹;
Humberto Calderón²; Ramiro Besosa.²

La variedad CC 85-92, resistente al carbón, la roya y el mosaico de la caña de azúcar, ha sido multiplicada en el sector azucarero en los últimos años hasta alcanzar en 1999 el primer lugar en área sembrada en el valle del río Cauca.

En 1993 se detectó por primera vez la enfermedad escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*) en el Ingenio Central Sicarare (Codazzi-Cesar), afectando diferentes variedades de caña y entre ellas la CC 85-92. Este hallazgo hizo que CENICAÑA estableciera inmediatamente un manejo integral de la enfermedad, previendo su inminente presencia en el valle del río Cauca. El programa comprendió la determinación de los niveles de resistencia de las diferentes variedades

cultivadas en Colombia; la limpieza periódica con productos químicos de las herramientas utilizadas en el corte de semilla y cosecha de caña; y la producción de semilla sana, libre del patógeno, como estrategia para impedir la rápida diseminación de la enfermedad en las plantaciones del valle.

De acuerdo con los resultados de resistencia se encontró que la variedad CC 85-92 era susceptible, razón por la cual CENICAÑA desde entonces ha recomendado tener precaución con su siembra indiscriminada sin tener en cuenta el origen de la semilla y, por el contrario, exigir siempre que ésta provenga de semilleros libres de la afección. Desde entonces, CENICAÑA ha venido ofreciendo el servicio de diagnóstico de la enfermedad en los diferentes lotes destinados a la producción de semilla, para que los agricultores tengan garantía de la calidad de la semilla que emplean en sus siembras. Es importante que los cultivadores tengan en cuenta que la siembra se efectúa para realizar varios cortes y no sólo uno, y en este sentido la calidad sanitaria de la semilla asegura mejores resultados económicos del cultivo.

CENICAÑA ha realizado desde 1994 un seguimiento de la incidencia de las distintas enfermedades que pueden afectar a la variedad CC 85-92, tales como raquitismo de la soca, síndrome

Foto: Alvaro Cueljar



CC 85-92

1. Fitopatólogo y Microbióloga del Programa de Variedades de CENICAÑA.

2- Ingenieros Agrónomos de los Ingenios Incauca y Providencia.

de la hoja amarilla, además de la escaldadura de la hoja. En el caso del raquitismo de la soca y debido a que se entregó semilla libre de la enfermedad a los agricultores, la incidencia en semilleros ha sido nula; en campos comerciales llegó a un promedio de 1.2% en 1999 y en el año 2000 a un promedio de tan sólo 0.2%.

Con respecto a la nueva enfermedad del síndrome de la hoja amarilla, en 1999 se registró un promedio del 10% en semilleros lo cual se reflejó en un promedio de 4.2% en campos comerciales en el año 2000. Estos niveles se explican por el hecho de que en el pasado no se examinaban muestras de semillero ni campos comerciales de manera habitual para dicha enfermedad debido a que no se tenían registros de su presencia en Colombia (se registró por primera vez en mayo de 1998) y se carecía de técnicas para su diagnóstico. En este año 2000 la incidencia de la enfermedad en semilleros no supera el 2.5%, lo cual posiblemente se reflejará en menores porcentajes de incidencia en los campos comerciales en los próximos años.

La variedad CC 85-92 es susceptible al raquitismo de la soca y al síndrome de la hoja amarilla, y el control de ambas enfermedades se fundamenta en el uso de semilla libre de dichos patógenos. En el caso del raquitismo se ha tenido éxito en un programa de varios años y se espera igual resultado con el síndrome de la hoja amarilla en un futuro cercano.

Puesto que la variedad CC 85-92 se está sembrando ampliamente en el valle del río Cauca y es susceptible a la escaldadura de la hoja, CENICAÑA inició desde 1996 el diagnóstico de la enfermedad en semilleros y campos comerciales, buscando siempre que la semilla empleada para las siembras fuera limpia, libre del patógeno. Los resultados indican que la incidencia de la enfermedad en semilleros ha sido baja, alrededor de 2.2% en 1998 y de 0.9% en el año 2000. Esta situación se refleja en la baja la incidencia de la enfermedad a escala comercial, la cual fue inferior a 2.7% en 1997 y tan sólo de 1.1% en el año 2000 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de incidencia (% de tallos afectados) de escaldadura de la hoja en muestras provenientes de semilleros y campos comerciales, analizadas en el laboratorio de CENICAÑA.

Campo	1996	1997	1998	1999	2000
Semilleros	0	1.3	2.2	1.5	0.9
Comerciales	1.0	2.7	1.6	1.5	1.1

Los resultados exitosos de sanidad de las muestras de semilleros y campos comerciales se validaron con muestreos amplios y detallados en los ingenios Incauca y Providencia durante 1999. La validación se efectuó en 874 hectáreas de Incauca y en 717 de Providencia, mediante el análisis de muestras en el laboratorio de CENICAÑA y la identificación de plantas afectadas directamente en el campo. Los resultados muestran en ambos ingenios una incidencia muy baja, tanto en muestras analizadas en el laboratorio (1.6% de tallos afectados en Incauca y 0.7% en Providencia) como en la incidencia en el campo (0.03% de cepas afectadas en Incauca y 0.7% en Providencia), con lo cual se ratifica la baja incidencia de la enfermedad en campos comerciales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Incidencia de la escaldadura de la hoja en muestras provenientes de semilleros y campos comerciales de los Ingenios Incauca y Providencia.

	Ingenio Incauca	Ingenio Providencia
Análisis de Laboratorio (CENICAÑA)		
Area con influencia de la escaldadura de la hoja (ha)	222	226
Area sin influencia de la escaldadura de la hoja (ha)	651	491
Area total analizada (ha)	874	717
Porcentaje tallos afectados (%)	0.7	1.6
Evaluación de campo mediante rastreo de las suertes		
Porcentaje de cepas afectadas (%)	0.7	0.03
Número de cepas afectadas por ha	63.0	2.6
Area total evaluada (ha)	200	361

La evolución de la escaldadura de la hoja en la variedad CC 85-92 en un campo dado muestra que los tallos afectados mueren antes de la cosecha y que el resto de tallos de la cepa que no estaban originalmente afectados por la enfermedad permanecen sin infección, lo que puede



Corte de semilla

ser una forma de reacción de la variedad ante la enfermedad. Entre los campos evaluados había algunos hasta con seis cortes y en todos ellos se observaron incidencias de la enfermedad inferiores a 2.7% de tallos afectados o menos de 100 cepas afectadas por hectárea. En algunos casos se pudo comparar la incidencia observada en 1995 con la de 1999 y en todos ellos la presencia de la afección medida en cepas por hectárea fue inferior, lo cual corrobora la poca diseminación de la enfermedad entre los tallos de una cepa afectada, así como entre los tallos en un campo dado.

Es posible que además del correcto manejo sanitario de la variedad CC 85-92 hasta ahora, la altitud del Valle del Cauca y quizás otras condiciones climáticas no determinadas sean las responsables de que la enfermedad no haya adquirido importancia en esta variedad aquí.

En conclusión, la variedad CC 85-92 es resistente al carbón, la roya y el mosaico de la caña de azúcar, y es susceptible a la escaldadura de la

Para mantener la productividad del cultivo es indispensable usar semilla sana y limpiar con productos químicos las herramientas de corte.

hoja, el raquitismo de la soca y el síndrome de la hoja amarilla. Mediante programas de limpieza química de las herramientas de corte y la producción de semilla limpia, libre de patógenos, ha sido posible mantener la incidencia de dichas enfermedades en niveles muy bajos en la variedad CC 85-92. Quizá la enfermedad de mayor incidencia ha sido el síndrome de la hoja amarilla, afección de la cual sólo se tuvieron información y técnicas de diagnóstico muy recientemente. Para que en el futuro inmediato disminuyan los niveles de incidencia de esta enfermedad, como se espera, es necesario que los agricultores sigan utilizando como fuente de semilla únicamente aquella libre de patógenos.

Es importante insistir en que los programas sanitarios de uso de semilla sana y limpieza química de las herramientas de corte se realicen siempre y con todas las variedades, tanto con las nuevas como CC 85-92, como con las de vieja difusión.

Foto: Federico Orozco



Tratamiento térmico de semilla

Reglamentaciones vigentes para realizar quemas de caña de azúcar

Claudia Ximena Calero¹

En Colombia, la práctica de quemar el follaje de la caña antes y después de la cosecha se encuentra reglamentada y atiende a un marco jurídico de carácter penal basado en resoluciones emitidas, publicadas y supervisadas por las autoridades competentes en las distintas localidades de influencia de la industria azucarera.

A continuación se indican los alcances de las resoluciones vigentes emitidas por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, con énfasis en aquellas que penalizan el incumplimiento de los compromisos sobre quemas adquiridos en el Convenio para una Producción más Limpia con el Sector Azucarero (MinAmbiente, 1996). Con iguales lineamientos, las Corporaciones Autónomas Regionales del Cauca (CRC) y de Risaralda (CARDER) han expedido permisos para efectuar las quemas: resolución CRC 0005 del 15 de enero de 1999 y resolución CARDER 543 del 4 de mayo de 1999, con vigencia de dos y tres años respectivamente.



Las resoluciones emitidas por la CVC son:

Resolución DG 048 de febrero 11 de 1998: a través de la cual se expide un permiso colectivo de emisiones por quema de caña y se imponen obligaciones y prohibiciones a los ingenios afiliados a Asocaña por el término de dos años.

Resolución DG 377 de octubre 30 de 1998: modifica parcialmente la resolución DG 048 en los artículos 2 y 3, párrafos 1, 3 y 6, en relación con los horarios de quema, la definición de vías intermunicipales, las áreas de protección de aeropuertos y las velocidades de viento para efectuar la quema.

Resolución DG 102 de marzo 2 de 2000: nuevo permiso de emisiones por quema para los ingenios azucareros, manteniendo en vigencia las resoluciones citadas anteriormente y el carácter de cumplimiento obligatorio; permiso válido por dos años a partir de la fecha de expedición.

En esta resolución se indica además que en el transcurso del año 2000 no se podrán requemar los residuos en el 60% del área cosechada. También, por competencia otorgada al Comité Operativo del Convenio para una Producción más Limpia, se incrementó de 30 a 200 metros el área de protección o de no quema en más de cincuenta corregimientos del Valle del Cauca (distancia trazada desde el centro del núcleo más poblado) (Cuadro 1).

1. Ingeniera Sanitaria, Especialista en gerencia ambiental. Jefe del Departamento de Manejo Ambiental de ASOCAÑA.

Cuadro 1. Corregimientos con cosecha en verde obligatoria en 200 metros a la redonda desde el núcleo más poblado.

Municipio	Corregimiento
Candelaria	Barrio Nuevo, Buchitolo, El Cabuyal, San Joaquín, El Carmelo, El Lauro, El Tiple, Juanchito, La Regina, Poblado Campestre, Villagorgona.
Cerrito	Santa Elena.
Florida	Bolo Artonal, Chococito, La Granja, Remolino, San Antonio de los Caballeros, San Francisco, Tamboral, Tarragona.
Ginebra	Zabaletas.
Guacarí	Guabas, Guabitas.
Jamundí	Paso La Bolsa, Potrerito, Quinamayó.
La Unión	Córcega, El Rodeo, Martindoza, San Luis, San Rafael.
La Victoria	San Pedro.
Palmira	Aguaclara, Bolo Alizal, Bolo La Italia, Bolo San Isidro, Caucaseco, Palmira Guanabanal.
Pradera	Bolívar, La Túpia.
Roldanillo	Higueroncito, Izugú, Morelia, Puerto Quintero, Santa Rita.
Toro	Bohío, La Cayetana, San Antonio, San Francisco.
Yotoco	Mediacanoa.
Zarzal	La Paila.

Resolución DG 044 de febrero 2 de 2000: por medio de la cual se establece la metodología para calcular el valor de las multas impuestas a los productores de caña que incumplan las normas ambientales de emisiones por quemas y requemas del cultivo. Las multas se aplicarán únicamente por violación de las normas legales vigentes sobre quemas de caña de azúcar, previamente agotado el proceso sancionatorio, teniendo como base el tipo de infracción y la gravedad de ésta.

En la resolución se cita el concepto de accidentalidad, referido básicamente a las prácticas realizadas en forma descuidada, imprudente o malintencionada, excluyendo la fuerza mayor, el caso fortuito o el hecho de un

tercero; hace alusión a los daños al ambiente ocasionados por la actuación diligente de los empresarios en el sentido de no adoptar las medidas técnicas para evitar tales daños o actuar de manera imprudente al confiarse de forma arriesgada en no ocasionarlos.

Las multas van desde un millón ciento cincuenta mil pesos hasta 300 salarios mínimos mensuales.



El monto depende de la magnitud del impacto que se genere.

Finalmente, cabe anotar que actualmente existen metodologías para realizar quemas controladas cuyos fundamentos técnicos y ambientales ayudan a mitigar los impactos que pueda generar esta actividad productiva. Así mismo, se tienen resultados promisorios con la cosecha manual en verde limpio y con el manejo de los residuos encallados al 2x1.



Para obtener información sobre las normas legales que regulan la práctica de la quema de caña puede comunicarse con el Departamento Jurídico o con el Departamento de Manejo Ambiental de ASOCAÑA.

Referencias bibliográficas

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. SANTAFÉ DE BOGOTÁ (Colombia). 1996. Convenio de concertación para una producción limpia con el sector azucarero. Convenio de concertación y coordinación de acciones encaminadas a apoyar el control de la contaminación, la adopción de métodos de producción sostenible y a mejorar la gestión pública entre el Ministerio de Medio Ambiente, Corporaciones Autónomas Regionales del Valle, Cauca y Risaralda, Asocaña y sus afiliados, y la comunidad de Palmira. Santafé de Bogotá, Ministerio de Medio Ambiente. 21 p.

Incremento de los costos de energía por cambios en el sistema de tarifas

Anibal Valdés, Gustavo Medina, Jairo Nova,
Biviana Orozco, Ricardo Cruz, Claudia Calero¹

Las tarifas del servicio de energía eléctrica se incrementarán a partir de enero de 2001 en todo el territorio colombiano, cuando entre en vigencia la resolución 079 emitida en 1997 por la Comisión Reguladora de Energía y Gas, CREG, del Ministerio de Minas y Energía. De acuerdo con la resolución, las empresas comercializadoras de energía del Sistema Interconectado Nacional podrán modificar el método de tarifas y trasladar a los consumidores los gastos de generación, transporte, distribución, comercialización y administración del servicio.

La medida significa la eliminación de la tarifa binomia doble, la más utilizada desde hace cinco años por los ingenios y los cañicultores (algunos agricultores comenzaron a usar el sistema hace sólo un año). En la tarifa binomia doble el precio de la energía es mayor entre 9:00 am y 12:00 m y entre 6:00 pm y 9:00 pm (horas pico) en comparación con las horas restantes; se factura el valor de la demanda



máxima (sólo registrada en las horas pico) y el valor del consumo (promedio de kilovatios/hora utilizados durante el periodo de cobro). En el sector azucarero se emplean contadores en el nivel de tensión 1, con mediciones en 110, 220 y 440 voltios.

La mayoría de los equipos de bombeo utilizados en las fincas cañeras para las operaciones de riego y drenaje funcionan con energía eléctrica, mientras unos pocos utilizan diesel. Así, para aprovechar la tarifa binomia doble con nivel de tensión 1 (interrumpiendo el bombeo en las horas pico) los azucareros hicieron grandes inversiones en infraestructura, por ejemplo en reservorios y en equipos como transformadores y medidores; inversiones cercanas a los mil millones de pesos que, en muchos casos, fueron financiadas con recursos de crédito. Ahora, con las condiciones impuestas por la CREG mediante la resolución 079 de 1997, los usuarios de la energía deberán realizar nuevas inversiones pues de lo contrario los costos del servicio aumentarán considerablemente.

Con el propósito de ofrecer alternativas de acción para enfrentar las nuevas circunstancias, el Grupo de Manejo de Aguas de la industria

1. En su orden, los autores hacen parte de las siguientes entidades: Ingenio Central Castilla, Ingenio Mayagüez, Incauca, Cenicaña, Cenicaña, Asocaña.

azucarera y CENICAÑA realizaron un análisis económico de los costos del kilovatio/hora con cada sistema de tarifas; los resultados se presentan a continuación.

Análisis de alternativas

Para efectos del análisis es necesario conocer las características de los sistemas de tarifas y los niveles de tensión usados para las mediciones (Cuadro 1). Cabe anotar que con la nueva resolución se eliminarán las tarifas monomía sencilla y binomía

doble, lo cual indica que el costo por hora de un kilovatio pasará de \$91 a \$184. De esta forma, un pozo que factura con el sistema actual \$1'500,000 por mes, llegará a facturar más del doble de este valor con el nuevo sistema.

Las conclusiones derivadas del análisis económico son:

- 1. Las tarifas monomía doble y monomía horaria con medición en el nivel de tensión 2 presentan los menores precios. Para cambiar al nivel de

tensión 2 se requieren inversiones cercanas a los \$12'000,000 por pozo para la compra de equipos como transformadores de corriente y medidores multifuncionales. Los precios de la energía se incrementan hasta en 75% con respecto a los actuales.

- 2. Si se mantienen las mediciones en el nivel de tensión 1, el precio de la energía con las tarifas de monomía sencilla, triple u horaria superarán al actual en más del doble. No se requieren nuevas inversiones.
- 3. Finalmente se analizó la posibilidad de reemplazar los motores eléctricos por motores diesel. Se estimó que la inversión inicial requerida es muy alta, el mantenimiento es costoso y la logística muy complicada. En el Cuadro 2 se presentan las ventajas y desventajas de cada sistema.

Cuadro 1. Características de los sistemas de tarifas de energía y de los niveles de tensión para las mediciones en el mercado regulado. Colombia, agosto de 2000.

Sistema de tarifas Características*	
Monomía sencilla	Se factura el consumo con precio igual durante las 24 horas del día
Monomía doble	Se factura el consumo con precio diferencial entre las horas pico y las horas restantes
Monomía triple	Se factura el consumo con precio diferencial según tres franjas horarias
Monomía horaria	Se factura el consumo con precios diferentes para cada hora del día
Binomía sencilla	Se facturan el consumo y la demanda máxima con precio igual durante las 24 horas del día
Binomía doble horaria	Se facturan el consumo y la demanda máxima con precio diferencial entre las horas pico y las horas restantes (la demanda máxima sólo se registra en las horas pico)
Niveles de tensión	Características
Nivel 1	Medición en 110, 220 y 440 voltios
Nivel 2	Medición en 13,200 voltios o entre 1000 y 30,000 voltios
Nivel 3	Medición en 34,500 voltios o entre 30,000 y 62,000 voltios
Nivel 4	Medición entre 115,000 y 62,000 ó más voltios

* (a) Consumo: valor promedio de kilovatios/hora durante el período de cobro.
(b) Demanda máxima: valor máximo de consumo.
(c) Horas pico: entre 9:00 am y 12:00 m y entre 6:00 pm y 9:00 pm.

En el 2001 los menores precios se registrarán con las tarifas monomía doble y monomía horaria en nivel de tensión 2.

Cuadro 2. Ventajas y desventajas de los motores eléctricos y de los motores diesel.

	Motor eléctrico	Motor diesel
Ventajas	Los costos de reparación y mantenimiento son bajos.	El costo del combustible es igual, independiente de la hora del día en que se utilice.
	La energía está disponible permanentemente; no se requiere transportar insumos para tenerla.	Se cuenta con personal en el campo para solucionar problemas menores en los motores.
		Transporte fácil y usos alternativos.
Desventajas	Los costos de la energía son altos.	Requiere un operador-vigilante permanente.
	Usa sistemas de facturación basados en promedios.	Requiere manejo del combustible.
	Requiere manejar sistemas de tarifas.	Exige atención permanente al funcionamiento del motor.
	Se pueden presentar fallas en las redes de interconexión y las reparaciones tardan hasta 24 horas.	Las reparaciones pueden tardar más de 24 horas.

Recomendaciones y gestión sectorial

Se recomienda a los agricultores utilizar las tecnologías disponibles para regar de forma eficaz y eficiente, es decir en el momento oportuno y en cantidades óptimas: programar los riegos utilizando el balance hídrico, efectuar las aplicaciones por surco alterno, usar tuberías de ventanas y realizar nivelación de mantenimiento con criterios de precisión.

En cuanto a la gestión sectorial, los integrantes del Comité de Campo de ASOCAÑA han conformado dos comisiones, así:

- **Comisión negociadora:** responsable de establecer contacto directo con el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Agricultura y las empresas comercializadoras.
 - Con el Ministerio de Minas y Energía para insistir prioritariamente en que se mantengan las tarifas actuales por lo menos durante dos o tres años más, mientras el sector azucarero se acondiciona a los cambios proyectados; con esta propuesta se busca subsanar las inversiones realizadas, muchas de ellas hace apenas un año.
- La Junta Directiva de la CREG debatirá este aspecto los primeros días del mes de octubre.
- Si lo anterior no es factible, se buscarán opciones que permitan el

ingreso del sector azucarero al mercado no regulado (exige consumos superiores a los del mercado regulado), con lo cual se disminuiría la inversión requerida por el cambio de medición al nivel de tensión 2. Entre las opciones consideradas están: (a) Integrar dos o más pozos en una sola cuenta, con un punto único de medida en el nivel de tensión 2; (b) Aceptar la integración de pozos manejados por un ingenio así pertenezcan a terceros; (c) Integrar ingenios vecinos en redes con tarifa no regulada.

- Con el Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Minas para prevenir acerca del gran efecto que tendría la resolución CREG 079 de 1997 en el sector agrícola, máxime en un momento en que los estados financieros de las empresas no son los más alentadores. Se dejará constancia de que la medida es contraria a los postulados del artículo 65 de la Constitución Política de Colombia y del artículo 6 de la Ley 101 de 1993 en los cuales dice que el gobierno nacional otorgará prioridad al desarrollo integral de las actividades agrícolas, pecuarias, agroindustriales y forestales mediante reglamentaciones que se ajusten a este propósito en materia de sistema crediticio, régimen tributario, inversión pública en infraestructura física y social y en

todas las políticas relacionadas con la actividad económica. Así mismo, se llamará la atención sobre la forma como la resolución CREG 079 riñe con las políticas del Ministerio de Comercio Exterior dirigidas a aumentar e incentivar las exportaciones, pues contribuye a incrementar los costos de producción por concepto de insumos dejando los productos agrícolas nacionales en seria desventaja competitiva.

- Con las empresas comercializadoras de energía para estudiar minuciosamente alternativas de comercialización.

- . **Comisión técnica:** responsable de estudiar mejoras tecnológicas para el manejo del agua en el campo. Esta comisión se propone apoyar a CENICAÑA en el estudio de la respuesta del cultivo al riego, desde el punto de vista productivo y económico. Este proyecto se basa en el análisis de los resultados experimentales de la investigación realizada por CENICAÑA en conjunto con los ingenios desde 1980, el cual muestra que en la mitad de los casos experimentales no hubo respuesta en la producción de caña al riego. Actualmente se analizan las relaciones *conjunto de suelo-variedad de caña* a partir de las cuales se espera obtener ecuaciones para estimar la producción de caña en función del agua recibida por el cultivo; estas ecuaciones ayudarán a los agricultores a tomar decisiones con base en análisis económicos que indiquen si se justifica regar o no, así como también sobre la cantidad de agua que es rentable aplicar.

Finalmente, es importante insistir en la unidad sectorial como principal mecanismo de gestión para mitigar los impactos que se aproximan con la implantación de las nuevas determinaciones del Ministerio de Minas y Energía.

Para obtener información adicional sobre el tema puede dirigirse a Claudia Ximena Calero del Departamento de Manejo Ambiental de ASOCAÑA o a Ricardo Cruz Valderrama del Programa de Agronomía de CENICAÑA.



Foto: Archivo ASOCAÑA

Alcohol Carburante: una alternativa con altos beneficios económicos, sociales y ecológicos para Colombia*

Claudia Ximena Calero C¹.

Desde el primero de enero de 2001 todas las gasolinas que se consuman en Colombia deben estar oxigenadas. Uno de los productos más utilizados con este fin es el alcohol etílico anhidro obtenido a partir del etanol, un derivado de la caña de azúcar.

El sector privado colombiano está interesado en desarrollar un proyecto de producción masiva de alcohol (etanol carburante) para oxigenar las gasolinas, con el fin de potenciar las posibilidades que tienen en diferentes regiones del país los cultivos de caña de azúcar, yuca, maíz, papa, entre otros, como materias primas para la producción de alcohol. La iniciativa permitiría cumplir lo dispuesto en el artículo 1° de la resolución 898 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente, con altos beneficios económicos y sociales. Según este artículo, a partir del primero de enero del año 2001 las gasolinas en Colombia deben incorporar oxígeno en proporciones de 2% en peso ó 6% en volumen como mínimo, para reducir la contaminación ambiental.

Con el proyecto de producción nacional de alcohol para oxigenar el combustible se dejarían de importar 9480 barriles diarios de gasolina, lo que representa un ahorro de divisas de US\$86.4 millones al año. Adicionalmente, se generarían 108,000 nuevos empleos entre directos e indirectos en regiones altamente deprimidas del país.

El principal obstáculo para emprender este proyecto es la existencia del monopolio de la producción y venta de alcohol potable e impotable, a pesar de que dicha materia prima se produce en mínimas cantidades en el país y los mayores volúmenes deben ser importados con la consecuente pérdida de divisas y freno a las posibilidades de la industria nacional.

El proyecto de alcohol carburante con base en la caña de azúcar



Hasta el momento, el mayor desarrollo de la caña de azúcar se ha dado en la región suroccidental del país, a lo largo del valle del río Cauca. Sin embargo, las posibilidades de la caña de azúcar pueden extenderse a otras zonas del país, incluyendo amplias regiones de la Costa Atlántica y los Llanos Orientales fuertemente afectadas por fenómenos de pobreza y desplazamientos. Las condiciones agrológicas en estos sitios son aptas para el cultivo de variedades de caña adecuadas especialmente para la producción de alcoholes.

* Compendio elaborado a partir del documento: Calero, C.X. 2000. Alcohol: un futuro para el país. Cali, Colombia, ASOCAÑA 26 p.

1. Ingeniera Sanitaria, Especialista en gerencia ambiental. Jefe del Departamento de Manejo Ambiental de ASOCAÑA

Para cumplir con lo dispuesto en la resolución 898 del 23 de agosto de 1995 es necesario adicionar a las gasolinas algunos productos que aumenten el contenido de oxígeno de éstas. El alcohol etílico anhidro es uno de esos productos y se obtiene a partir del alcohol etílico potable (etanol), el cual se puede producir en el país utilizando la caña de azúcar.

En las circunstancias actuales, sin contar con la producción interna de etanol y previendo un incremento del 4% en el consumo anual de gasolina, el país tendrá que importar más de 14,000 barriles diarios de gasolina oxigenada para satisfacer el consumo interno del combustible de acuerdo con lo dispuesto en la legislación ambiental vigente.

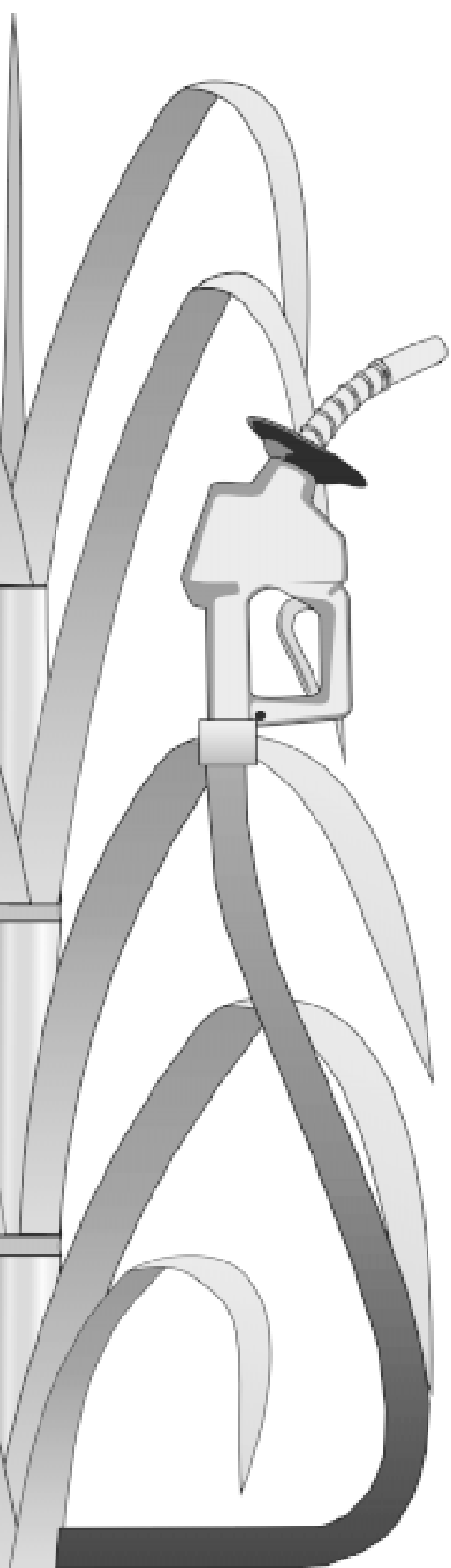
Beneficios económicos y sociales

De eliminarse el monopolio del alcohol y mediante la producción nacional de etanol partiendo de una materia prima renovable como la caña de azúcar, Colombia podría evitar la importación de 9480 barriles diarios de gasolina, lo que representa un ahorro de divisas superior a US\$86.4 millones al año (en el año 2010 se llegaría a un ahorro de más de US\$ 123 millones anuales).

De acuerdo con la resolución ministerial, la mezcla de combustible debe estar compuesta por 94% de gasolina y 6% de etanol; así, para cubrir la demanda nacional proyectada se deben producir 453 millones de litros de etanol carburante al año. Dicha producción se lograría con la instalación de seis plantas destiladoras con capacidad individual de 75 millones de litros al año o cinco plantas destiladoras cada una con capacidad de 90 millones de litros al año, ubicadas estratégicamente cerca de los principales centros de consumo de gasolinas.

La producción de 453 millones de litros de etanol al año implica consumir aproximadamente 6 millones de toneladas de jugo de caña, lo cual equivale a 6 millones de toneladas de caña de azúcar por año. La materia prima se obtendría con la siembra de cerca de 62,000 nuevas hectáreas, localizadas en departamentos diferentes a los actualmente con el cultivo. Con la referencia de que el cultivo de la caña de azúcar genera aproximadamente 1.2 empleos directos y 1.2 empleos indirectos por hectárea, el mayor beneficio para estos departamentos estaría representado por la generación de 54,000 nuevos empleos directos más la misma cantidad de indirectos.





Beneficios ecológicos y energéticos

En términos generales, el uso de etanol como combustible presenta características con múltiples beneficios:

- Es un combustible líquido que por su valor calórico es adecuado para utilizarlo en vehículos automotores.
- Posee octanaje alto, lo que permite extender o ampliar el volumen del combustible clásico y mejorar las características del mismo.
- Es posible obtenerlo a partir de materias primas renovables.
- Tiene alta solubilidad en la gasolina.

Así mismo, el empleo de alcohol mezclado con la gasolina como combustible automotor presenta varias ventajas:

- Ofrece un número superior de octanos que la gasolina no oxigenada
- Genera emisión de gases menos tóxicos que con la gasolina no oxigenada.
- Permite reducir las importaciones de petróleo y/o gasolina.
- Estimula al sector agroindustrial.

La mezcla de etanol y gasolina serviría para disminuir la contaminación en el ambiente urbano. De acuerdo con el modelo elaborado por la Asociación de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos, adicionar 6% de etanol (en volumen) a la gasolina reduciría las emisiones tóxicas en 9%, es decir que disminuirían en gran proporción las emisiones de óxido de nitrógeno (NO_2), compuestos orgánicos volátiles y monóxido de carbono (CO).

La producción de alcoholes en Colombia

Desde hace más de un siglo la producción y venta de alcoholes en Colombia ha sido un monopolio estatal cedido a los departamentos como unidades político-administrativas que regulan el ejercicio mediante los códigos fiscales o los estatutos de rentas.

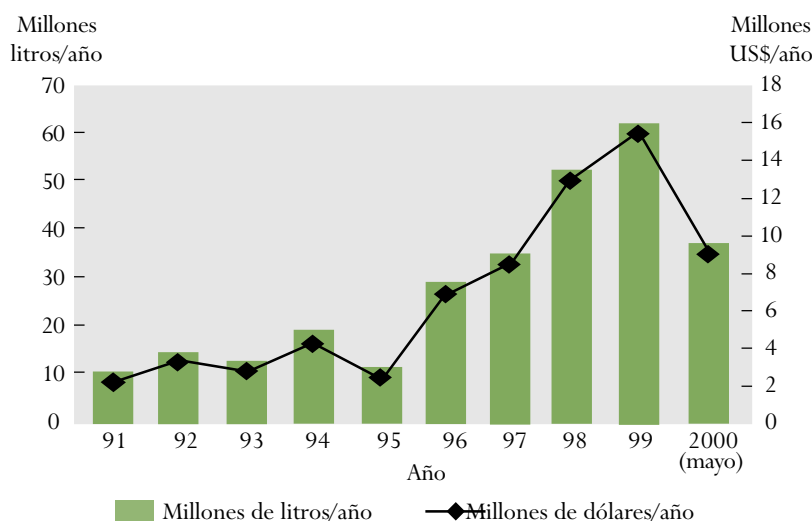
Sin embargo, con excepción de la Fábrica de Licores del Valle, las empresas licoreras del país no producen alcohol (lo importan) debido a los altos costos que esto implica. Tal panorama deja en claro el error que ha existido alrededor del tema: se ha identificado el alcohol, en lugar del licor, como principal fuente de las rentas departamentales; como consecuencia, tanto las entidades territoriales como el país en general han resultado altamente perjudicadas, sin ser conscientes de ello.

Importación de alcohol

La Industria Licorera de Cundinamarca fue la primera de las grandes licoreras del país en cerrar su producción de alcohol y optar por importarlo desde Ecuador. Este país fue precisamente el que mejor aprovechó las circunstancias para producir el alcohol requerido en Colombia; tanto, que en la actualidad abastece parcialmente a todas las licoreras nacionales.

En general, las empresas de licores de Colombia, con excepción de la Fábrica de Licores del Valle, importan el 90% de su consumo de alcohol: 136,986 litros/día (21 millones de litros al año). Las compras se hacen principalmente a Ecuador, pero también a Costa Rica, Venezuela y Cuba.

La alternativa de las industrias licoreras es mejorar la eficiencia comprando competitivamente el alcohol y enfocándose en la producción de licores. En consecuencia, el monopolio que conservan los departamentos sobre la producción de alcohol es innecesario ya que las licoreras, con una sola excepción, no lo producen. Entre tanto, el costo de mantener el monopolio significa la erogación de cerca de 13 millones de dólares anuales en la importación de la materia prima y la imposibilidad de que otros sectores de la economía desarrollen la industria en escalas competitivas y eficientes (Figura 1).



Fuente: Asociación Nacional de Industriales (ANDI).

Figura 1. Evolución de las importaciones de alcohol etílico a Colombia entre enero de 1991 y mayo de 2000.

Posibilidades de exportación

Hasta ahora, el monopolio del alcohol ha impedido el desarrollo de eventuales exportaciones del producto por dos razones fundamentales:

- El sector privado no puede exportar lo que se le prohíbe producir y para vender al exterior mediante convenios con las empresas de

**Actualmente,
la producción y venta
de alcoholes en
Colombia es un
monopolio del Estado.
Sin embargo, las
empresas de licores
importan el 90% de su
consumo de alcohol.**

licores oficiales tendría que pagar un porcentaje de regalías que afectaría la rentabilidad de la operación. La comisión de un intermediario, más los impuestos adicionales que recaen sobre el alcohol, impiden la competitividad del negocio.

- Colombia carece de oferta exportable de alcohol por parte de las industrias licoreras, únicas autorizadas para producirlo, precisamente porque éstas no lo producen.

Lo que sí se vende al exterior son grandes cantidades de melaza obtenida de la caña de azúcar, materia prima para la producción de alcohol. Con todo, la exportación se hace a los costos de oportunidad del mercado internacional, donde prevalecen precios bajos y altos fletes terrestres y marítimos.

De ser liberado el mercado del alcohol, éste podría exportarse como un valor agregado de la melaza dependiendo de las inversiones de capital en las nuevas plantas. Una planta de alcohol de 200,000 litros/día podría generar un mínimo de 40 millones de dólares por año en exportaciones. Si se buscara exportar alcoholes extrafinos para licores o perfumería, el valor sería mucho mayor.

Adicionalmente, el alcohol etílico es una materia prima versátil a partir de la cual se pueden fabricar productos que hoy se hacen a partir del petróleo. Así, por ejemplo, la empresa Sucromiles S.A. inició una alianza estratégica con el sector azucarero para exportar acetato de etilo, obtenido totalmente a partir de melaza, a la Comunidad Andina de Naciones y a Chile.

Conclusiones

- El gran desarrollo que ha logrado el complejo agroindustrial y de servicios que gira alrededor de la caña de azúcar en la zona geográfica del valle del río Cauca podría expandirse a otras regiones del país mediante la ejecución de un macroproyecto de producción de alcoholes con base en materias primas agrícolas que se pueden producir en zonas afectadas por la violencia y los cultivos ilícitos.
- El principal obstáculo que existe para llevar a cabo esta propuesta es la existencia del monopolio estatal de la producción y venta de alcoholes, el cual está en cabeza de los departamentos. Dicho monopolio ha impedido el desarrollo y la competitividad de la industria nacional de alcoholes frente a la extranjera, y parece ahora poco práctico ya que las licoreras, con una sola excepción, no producen alcohol sino que lo importan; el verdadero ingreso que reciben los departamentos proviene de la producción y venta de licores, no de alcoholes.
- Sólo con altas inversiones, que se podrían realizar con el concurso del sector privado, es posible establecer plantas destiladoras rentables,

ambientalmente adecuadas y competitivas, sin afectar las rentas departamentales.

- Un macroproyecto de producción de alcohol carburante facilitaría el cumplimiento de las disposiciones establecidas en la resolución 898 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente, con grandes beneficios económicos y sociales: siembra de 45,000 nuevas hectáreas de caña de azúcar en diferentes regiones deprimidas del país; generación de más de 108,000 empleos directos e indirectos; establecimiento de seis plantas productoras ubicadas estratégicamente cerca de los principales centros de consumo de gasolinas; sustitución de importaciones de gasolina oxigenada por valor superior a los US\$ 86.4 millones anuales.

El desarrollo de la industria de alcoholes a partir de caña de azúcar, yuca, maíz o papa necesariamente traerá grandes beneficios económicos y sociales al país. Las inversiones requeridas demandan el concurso del sector privado.

Análisis de transmisiones de trenes de molienda: caso de aplicación de la auditoría de diseño

Adolfo León Gómez¹
Luis Fernando Echeverri²

El enfoque integral del proceso de extracción considera el diseño, el mantenimiento y la operación de los diferentes componentes mecánicos como aspectos importantes por su impacto económico sobre el proceso, además de las pérdidas de sacarosa en bagazo.

Los ingenios azucareros en Colombia operan en condiciones de molienda continua (promedio de 313 días en 1999), sin la posibilidad de contar con largos períodos inter-zafra para inspecciones, recambios y acciones correctivas en general. En estas circunstancias, para que el equipamiento mecánico se acerque a los mejores niveles de confianza y disponibilidad es necesario que haya sido objeto de análisis, diseño, mantenimiento y operación adecuados.

Algunos técnicos colombianos han planteado que los indicadores de eficiencia obtenidos por las mejores fábricas de países como Australia y Brasil han sido favorecidos por las moliendas en zafra. En Colombia son bien conocidos los casos en que por períodos más o menos prolongados algunas estaciones de preparación y molienda han tenido que operar con una disponibilidad parcial de equipos (picadoras, molinos fuera de línea o a baja carga) por daños importantes en componentes críticos, lo que se ve reflejado en importantes pérdidas de sacarosa, demanda de mantenimiento y tiempo perdido.

Con fundamento en experiencias propias del Grupo de Ingeniería Mecánica del Programa de Fábrica de CENICAÑA y de técnicos de los ingenios, junto con protocolos, metodologías y estrategias desarrolladas e implementadas por otros centros de investigación azucareros como COPERSUCAR de Brasil y SRI de Australia, se han desarrollado actividades de apoyo a los ingenios en la caracterización, el análisis y la solución de problemas técnicos relacionados con los equipos críticos de los procesos de preparación y molienda. Las aplicaciones típicas de este soporte de ingeniería incluyen la evaluación de la vida residual o remanente del equipo, especialmente cuando se proyectan incrementos de capacidad, el análisis de fallas prematuras o repetidas y los casos de consumo excesivo de mantenimiento tanto en materiales como en tiempo perdido oculto o real.

Este enfoque de trabajo mejora la capacidad de soporte de ingeniería en la industria azucarera, al tiempo que aumenta la confianza de los propios ingenios en el apoyo que los especialistas externos pueden aportar en proyectos de expansión y mejoramiento de la eficiencia de procesos.

La auditoría de diseño se ha ocupado esencialmente de revisar una parte o el total de los elementos constitutivos del diseño de equipos, maquinaria o componentes de un sistema (Jenkins, 1990) y generalmente se lleva a cabo antes de la manufactura de éstos. Sin embargo, empieza a hacer curso la utilización de técnicas, procedimientos y protocolos en equipos instalados con algún tiempo de funcionamiento, con el fin de eliminar problemas potenciales que puedan generar un mantenimiento excesivo, tiempo perdido e incluso la falla total del equipo.

Caso

Uno de los primeros campos de acción del Grupo de Ingeniería Mecánica en los ingenios ha sido el apoyo en estudios de

1. Ingeniero Mecánico, Programa de Fábrica, CENICAÑA. Profesor titular de la Universidad del Valle

2. Ingeniero de Procesos Mecánicos, Programa de Fábrica, CENICAÑA.

seguimiento de los procesos y equipos de preparación y molienda. Dentro de este marco se adelantó un análisis mecánico de las etapas de transmisión abierta del tándem de molinos en un ingenio de la región (Figura 1).

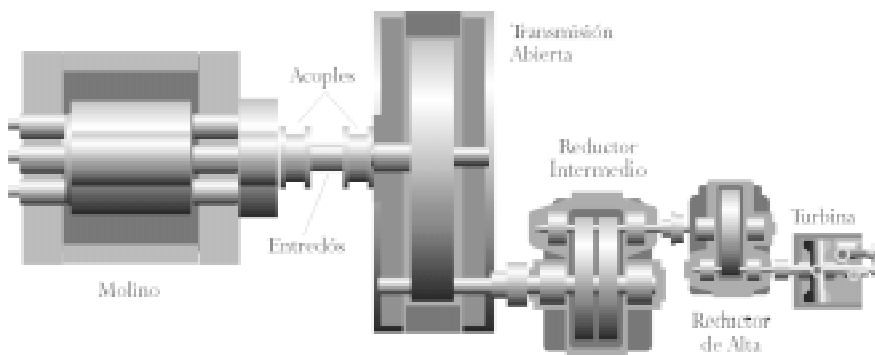


Figura 1. Representación esquemática de la transmisión de potencia típica de un molino de caña (Fuente: McNee, 1963)

El análisis de los engranajes de la transmisión del tándem se efectuó con base en la norma AGMA 2001-B88 (Gil, 1997). Los resultados señalaron que los menores factores de seguridad se presentaban en la última etapa de reducción de frecuencia, con los valores más críticos (mayor factor de riesgo) en el análisis de contacto (falla por deterioro de las superficies del diente), seguido por el análisis de rotura y por la falla estática debida a flexión de los dientes del engranaje (Figura 2).

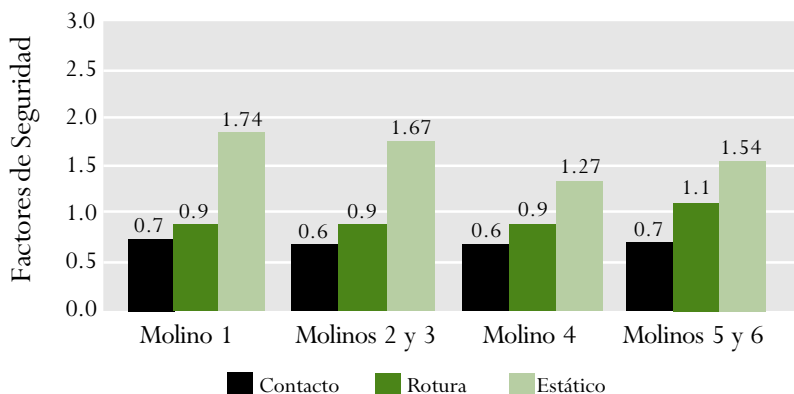


Figura 2. Factores de seguridad estimados para las últimas etapas de la transmisión de un ingenio de la región.

Los factores de seguridad fueron bajos en comparación con los que recomiendan las escuelas de diseño mecánico, donde consideran que para garantizar la resistencia de los engranajes el factor de seguridad debe ser por lo menos superior a 1 (el valor dependerá de la aplicación del engranaje).

La información derivada del análisis mecánico realizado durante la auditoría permitió establecer las situaciones potenciales y realmente problemáticas de las transmisiones que habían sido detectadas por el ingenio.

Como se puede observar, las auditorías de diseño son una herramienta válida para predecir el nivel de confianza de los sistemas mecánicos y tomar decisiones acerca de los parámetros de operación y la configuración de las transmisiones. Los alcances y beneficios de las auditorías de diseño en la industria continuarán siendo tema de información por parte del Grupo de Ingeniería Mecánica del Programa de Fábrica de CENICANA.

Referencias bibliográficas

- American Gear Manufacturing Association. 1988. AGMA 2001-B88. USA, AGMA
- Gil, J.J. 1997. Dimensionamiento y verificación de engranajes rectos y helicoidales asistido por computador. Cali, Universidad del Valle-Facultad de Ingenierías.
- Jenkins, D.M; Morrison, W.R.B. 1990. The concept of design audits for large items of capital plant. Proceedings Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, 12, Townsville, Queensland, 1-4 may, 1990, p.21-28.
- McNee, A.W.P. 1963. Mill gearing. En: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 11, Mauritius, 24 sep.-5 oct., 1962. Proceedings. Amsterdam, Elsevier. p. 1125-1140.

Índices de cronoproductividad de caña y azúcar en tres ingenios colombianos

Carlos Adolfo Luna González
Virginia Cabrera Ruiz¹

Introducción

El potencial productivo de un sitio se define como el mayor valor producido en ese sitio durante un número determinado de años acerca de los cuales existen registros históricos. De acuerdo con esta definición, una pregunta común que intriga a los cañicultores es ¿qué tanto del potencial productivo se logra en cada cosecha?

Para responder a esta pregunta se establecieron los índices de cronoproductividad de caña y de azúcar por ingenio, variedad y número de corte (promedios anuales ponderados por el área para cada unidad de análisis), y a partir de ellos se identificó qué tan próximo o lejano estuvo el valor de la producción de un año en relación con el valor de referencia dado por la producción más alta lograda en el correspondiente período histórico.

Las circunstancias en que crece y madura la caña cambian de un año a otro, en especial las variables de clima; también cambian las variedades y el manejo dado al cultivo. Así, aunque sabemos que existen una serie de circunstancias que pueden explicar las fluctuaciones temporales de la producción en un mismo lote, también es cierto que en todos los casos se registra una cosecha que fue la más productiva de todas. Sobre esta base, el propósito de los índices de cronoproductividad es cuantificar qué tan lejos se encuentra la producción de un año específico con respecto al mayor valor histórico obtenido en un sitio en particular.

Metodología

Para establecer los índices de cronoproductividad de caña y de azúcar se utilizó un gran archivo de datos con todos los resultados de producción de las suertes cosechadas en el valle del río Cauca por los ingenios 1, 3 y 5 entre enero de 1990 y diciembre de 1998, tanto en tierras propias como en tierras de proveedores de caña. Los índices se establecieron para cada una de las suertes (algunas con mayor número de cosechas que otras) de la siguiente manera:

i. Índice de cronoproductividad de caña:

$$\text{ICP caña} = \frac{\text{TCHM}_i}{\text{TCHM}_{\text{mayor}}} \times 100$$

Donde: TCHM_i: toneladas de caña por hectárea por mes en el corte i
TCHM_{mayor}: mayor valor obtenido de toneladas de caña por hectárea por mes
TCHM: TCH/EC
TCH: toneladas de caña por hectárea
EC: edad de corte

1. Director Programa de Análisis Económico y Estadístico (PAEE) y Estadística del PAEE. CENICAÑA.

ii. Índice de cronoproduktividad de azúcar

ICP azúcar = (TAHM_i / TAHM_{mayor}) X 100

Donde:

- TAHM_i: toneladas de azúcar por hectárea por mes en el corte i
- TAHM_{mayor}: mayor valor obtenido de toneladas de azúcar por hectárea por mes
- TAHM: TAH/EC
- EC: edad de corte
- TAH: toneladas de azúcar por hectárea
- TAH: TCH x rendimiento (%)

Rto (%) = (Toneladas totales de azúcar por suerte / Toneladas totales de caña por suerte) X 100

Luego, los ICP de caña y de azúcar son una fracción (porcentaje) del mayor resultado comercial obtenido históricamente en cada caso.

Una vez conocidos los índices para cada suerte se hallaron los índices por año para cada ingenio, para las variedades principales y para plantilla y primera soca (promedios ponderados por el área en cada caso). Al tener los índices globales de varios años para cada ingenio es posible observar la evolución de éstos, si han mejorado y cómo están con respecto a las agroindustrias vecinas.

Resultados

Entre 1990 y 1998 los tres ingenios analizados registraron índices de azúcar que fluctuaron entre el 70 y el 90% del potencial productivo definido para ese período, rango que fue similar al obtenido en caña. En el ingenio 3 se observaron los valores más estables tanto en caña como en azúcar, en ningún año inferiores al 80% del potencial. Los índices en los ingenios 1 y 5 mostraron valores de menor estabilidad, sin descender más allá del 70%. Durante los primeros años, hasta 1994, en los ingenios 3 y 5 se registraron índices muy próximos, que luego se distanciaron por el curso descendente manifiesto en el último ingenio; en el ingenio 3 se lograron los mejores índices en 1996. En el 1 se observaron disminuciones notables en azúcar (1994) y en caña (1995), con mejoría a partir de 1996 (Figuras 1 y 2).

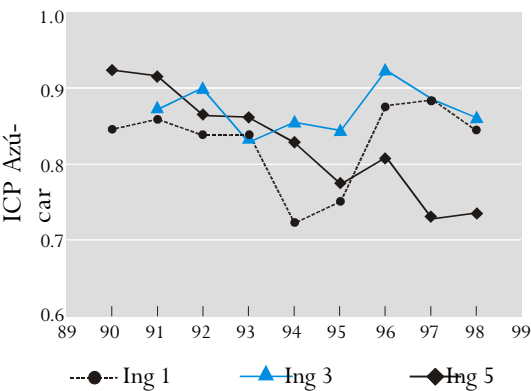


Figura 1. Índices de cronoproduktividad de azúcar en tres ingenios (promedios ponderados por el área), entre 1990 y 1998.

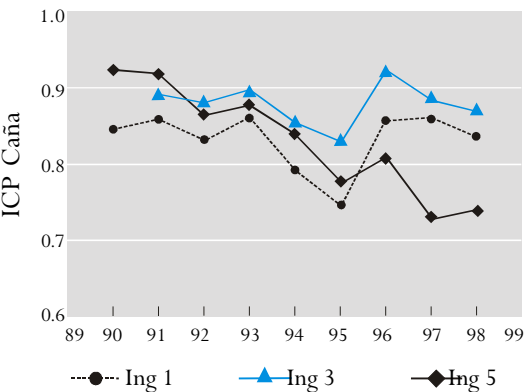


Figura 2. Índices de cronoproduktividad de caña en tres ingenios (promedios ponderados por el área), entre 1990 y 1998.



El análisis de la evolución de la productividad de caña con tres variedades en el ingenio 1 muestra un descenso general del índice en 1995 y una recuperación colectiva en 1996 pero sin llegar a los niveles de los primeros años (Figura 3).

En el ingenio 5 se analizaron los ICP de caña con cuatro variedades y con cultivos de primero y segundo corte. Entre 1993 y 1995 se registraron las mayores disminuciones en ambos cortes: en las plantillas la productividad comenzó a caer con más énfasis en 1994 y en las primeras socas en 1995. Hasta 1994 los índices fueron superiores al 85% del potencial productivo e inferiores a partir de 1995, con recuperación en 1998 (Figura 4).

A partir del análisis con las variedades principales se infiere que las variedades CC 84-75 y PR 61-632 fueron las que más influyeron en la recuperación del índice de caña en este ingenio en 1998 (Figura 5).

Conclusiones

Los índices de cronoproductividad de caña y de azúcar son indicadores de la evolución de la productividad en diferentes unidades de análisis (suerte, grupo de suertes, hacienda, ingenio, entre otros).

Se recomienda incorporar estos índices por suerte de caña en los reportes periódicos de producción y productividad elaborados por los ingenios.

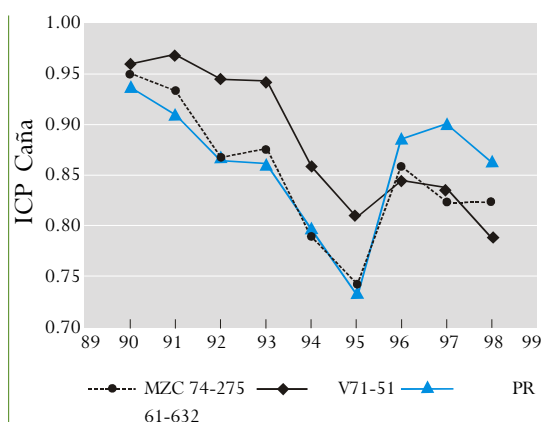


Figura 3. Índices de cronoproductividad de caña de tres variedades en el ingenio 1 (promedios ponderados por el área), entre 1990 y 1998.

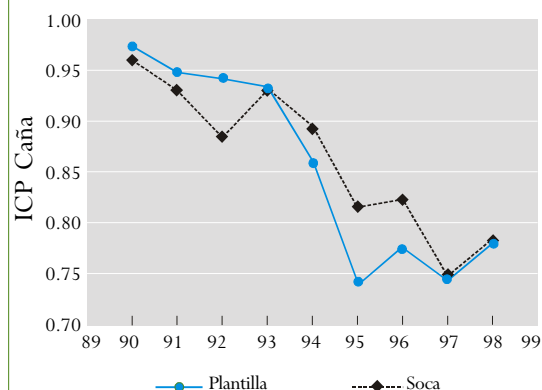


Figura 4. Índices de cronoproductividad de caña de cultivos de primero y segundo corte en el ingenio 5 (promedios ponderados por el área), entre 1990 y 1998.

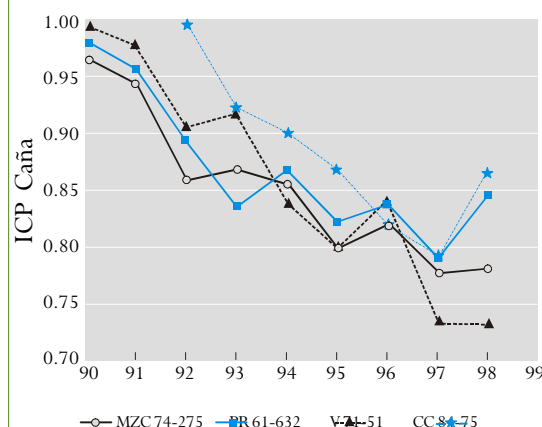


Figura 5. Índices de cronoproductividad de caña de cuatro variedades en el ingenio 5 (promedios ponderados por el área), entre 1990 y 1998.

Resumen Climatológico Mensual

Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano

Enrique Cortés B. y José Yesid Gutiérrez V.¹

Abril de 2000

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa (%)	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mínima		Media mensual	Máxima		Oscilación Media Diaria		Totales Mensuales		Media Diaria
	Absoluta	Media		Media	Absoluta			(mm)	(mm)	(cal/cm²)
Viterbo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Risaralda	18.4	19.5	23.2	29.6	32.2	10.1	90	195.7	118.0	422.6
Cartago	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Zarzal	17.5	19.1	23.0	29.5	31.7	10.4	86	74.5	132.8	377.3
La Paila	18.6	19.5	23.0	29.3	31.8	9.8	90	168.0	149.9	322.8
Bugalagrande	18.6	19.5	23.0	29.3	31.8	9.8	90	168.0	149.9	322.8
Tuluá	17.9	18.9	22.5	28.4	31.3	9.5	91	213.4	172.4	453.6
Yotoco	17.2	19.0	22.8	28.7	31.7	9.7	S/D	152.1	81.3	402.9
Guacarí	17.8	19.1	22.8	28.9	31.7	9.8	88	162.1	177.2	409.1
Ginebra	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Amalme	17.1	18.6	22.1	28.0	30.7	9.4	88	146.1	123.0	386.0
San Marcos	17.7	19.3	23.1	29.2	31.4	9.9	88	140.4	197.1	429.9
Palmira - La Rita	17.3	18.7	22.3	28.9	31.8	10.2	90	112.5	131.9	386.1
Arroyohondo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	114.0	S/D	S/D
Palmira - S. José	16.1	18.5	22.4	28.9	32.2	10.4	88	54.0	112.7	332.1
Aeropuerto	16.2	18.6	22.5	28.9	31.8	10.3	86	51.8	133.3	405.4
Base Aérea	19.0	20.0	23.7	29.0	32.1	9.0	84	72.9	128.3	372.4
Candelaria	16.9	18.7	22.5	29.0	31.9	10.3	90	179.6	165.8	409.1
Pradera	16.9	18.4	22.0	27.9	30.9	9.5	88	65.3	118.7	348.5
Meléndez	17.6	18.9	22.7	28.8	31.1	9.9	90	150.6	195.5	409.9
Cenicaña	17.3	18.9	22.4	28.0	30.8	9.1	85	92.6	116.5	375.4
Jamundí	16.7	18.8	22.6	28.8	31.0	10.0	91	145.6	123.7	380.0
Bocas del Palo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	166.0	S/D	S/D
Ortígal	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Miranda	17.2	18.8	22.3	28.4	31.6	9.6	91	148.0	108.6	361.9
Naranjo	16.5	18.5	22.1	28.2	30.9	9.7	91	194.9	168.0	387.7
Corinto	17.3	18.4	21.8	27.3	30.0	8.9	90	182.6	119.0	328.7
Santander de Q.	16.5	18.3	22.2	28.8	30.9	10.5	91	271.0	114.6	343.3
Mínima	16.1	18.3	21.8	27.3	30.0	8.9	84	51.8	81.3	322.8
Media	17.4	18.9	22.6	28.7	31.4	9.8	89	142.6	138.1	380.3
Máxima	19.0	20.0	23.7	29.6	32.2	10.5	91	271.0	197.1	453.6
Total								3,421.7	3,038.2	8,367.5

Nota : S/D - Sin dato.

1. Meteorólogo y Administrador de la Red Meteorológica Automatizada. CENICAÑA.

Mayo de 2000

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa (%)	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mínima		Media mensual	Máxima		Oscilación Media Diaria		Totales Mensuales		Media Diaria
	Absoluta	Media		Media	Absoluta			(mm)	(mm)	(cal/cm²)
Viterbo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Risaralda	17.1	19.2	22.9	28.9	32.0	9.7	91	311.1	112.0	378.6
Cartago	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Zarzal	17.6	19.2	22.8	29.4	31.9	10.2	88	269.8	115.6	290.7
La Paila (30 días)	17.8	19.5	22.7	28.6	31.9	9.1	92	301.3	153.4	345.6
Bugalagrande	17.5	19.4	22.9	28.7	32.2	9.3	90	152.8	137.9	398.3
Tuluá	17.0	19.0	22.4	27.7	30.8	8.7	92	98.1	159.3	420.9
Yotoco	17.0	18.9	22.6	28.3	31.1	9.4	S/D	85.5	74.8	355.9
Guacarí	17.1	19.2	22.7	28.3	31.2	9.1	90	152.1	164.1	365.0
Ginebra	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Amaime	17.2	18.5	22.0	27.8	30.1	9.3	89	153.8	120.9	370.2
San Marcos	17.5	19.4	23.0	28.8	31.2	9.4	89	150.5	188.1	398.0
Palmira - La Rita	17.1	18.8	22.2	28.4	31.0	9.6	91	153.5	125.8	357.8
Arroyohondo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	139.0	S/D	S/D
Palmira - S. José	16.5	18.6	22.2	28.3	30.7	9.7	90	181.4	105.8	299.5
Aeropuerto	16.7	18.7	22.4	28.6	31.7	9.9	88	155.5	133.7	391.4
Base Aerea	19.0	19.9	23.4	28.4	31.2	8.5	86	162.8	125.5	344.5
Candelaria	16.7	18.8	22.4	28.4	31.1	9.6	91	119.6	154.5	369.6
Pradera	16.8	18.5	21.9	27.6	29.9	9.1	89	123.2	115.2	327.9
Meléndez	17.0	19.0	22.5	28.3	30.4	9.3	91	190.0	184.4	374.5
Cenicaña	17.2	19.1	22.4	27.8	30.1	8.7	86	149.4	107.1	328.0
Jamundí	16.9	19.0	22.6	28.4	30.6	9.4	92	175.9	118.1	342.1
Bocas del Palo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	193.0	S/D	S/D
Ortígal	17.4	19.2	22.5	27.9	30.3	8.7	94	173.7	103.8	344.8
Miranda	17.1	19.1	22.3	27.8	30.0	8.7	93	95.3	104.5	346.2
Naranjo	17.2	18.8	22.2	27.9	31.6	9.1	92	139.3	153.2	352.1
Corinto	17.4	18.8	21.9	26.9	29.2	8.1	91	257.1	106.4	306.3
Santander de Q.	16.7	18.6	22.2	28.1	30.3	9.5	92	168.5	107.5	303.4
Mínima	16.5	18.5	21.9	26.9	29.2	8.1	86	85.5	74.8	290.7
Media	17.2	19.0	22.5	28.2	30.9	9.2	90	170.1	129.2	352.7
Máxima	19.0	19.9	23.4	29.4	32.2	10.2	94	311.1	188.1	420.9
Total								4,252.2	2,971.6	8,111.3

S/D - Sin dato.

Continúa

Junio de 2000

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa (%)	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mínima		Media mensual	Máxima		Oscilación Media Diaria		Totales Mensuales		Media Diaria
	Absoluta	Media		Media	Absoluta			(mm)	(mm)	(cal/cm²)
Viterbo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Risaralda	17.4	19.3	23.1	29.6	32.0	10.3	90	237.6	112.1	410.4
Cartago	17.9	19.4	23.2	30.1	32.6	10.7	88	97.2	111.4	450.4
Zarzal	16.4	18.8	23.0	29.9	32.6	11.1	86	113.8	119.9	329.5
La Paila	17.2	19.2	23.0	29.4	31.8	10.2	90	79.2	163.1	373.1
Bugalagrande	17.2	19.3	23.2	29.4	31.9	10.1	87	50.5	138.4	429.4
Tuluá	16.9	18.9	22.6	28.3	31.2	9.4	91	79.1	156.4	432.9
Yotoco	16.2	18.7	22.9	29.0	31.0	10.3	S/D	31.3	75.6	375.0
Guacarí	16.5	18.9	22.9	28.9	30.7	10.0	87	68.5	167.6	387.1
Ginebra	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Amaime	16.3	18.3	22.2	28.4	30.6	10.1	87	45.8	119.4	375.9
San Marcos	16.6	19.1	23.2	29.3	31.8	10.2	87	36.9	193.6	417.2
Palmira - La Rita	16.4	18.6	22.4	28.8	31.3	10.2	89	59.3	130.5	383.0
Arroyohondo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	78.0	S/D	S/D
Palmira - S. José	15.8	18.2	22.4	28.9	31.3	10.7	87	45.3	108.4	314.6
Aeropuerto	15.7	18.4	22.7	29.0	31.3	10.6	85	35.1	131.1	402.5
Base Aerea	18.2	20.0	23.7	29.0	31.9	9.0	83	85.2	130.3	366.9
Candelaria	15.9	18.5	22.5	28.8	31.3	10.3	90	68.4	157.9	393.8
Pradera	16.1	18.2	22.0	28.2	30.8	10.0	88	74.7	117.7	344.7
Meléndez	16.7	18.8	22.7	28.8	31.2	10.0	89	95.5	185.0	392.6
Cenicaña	16.6	19.0	22.7	28.3	31.2	9.3	83	63.9	106.9	338.1
Jamundí	16.3	18.7	22.7	28.9	31.1	10.2	90	186.5	116.0	369.3
Bocas del Palo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	176.0	S/D	S/D
Ortígal	17.1	18.9	22.6	28.5	31.0	9.6	93	58.0	110.1	365.4
Miranda (*)	16.9	18.7	22.4	28.5	31.0	9.8	92	206.7	93.2	375.8
El Naranjo	16.9	18.6	22.3	28.3	30.8	9.7	91	157.1	152.8	372.7
Corinto	17.1	18.6	22.2	27.6	29.8	9.0	89	168.0	109.8	344.6
Santander de Q.	16.6	18.4	22.4	28.6	31.9	10.2	91	143.1	105.7	319.1
Mínima	15.7	18.2	22.0	27.6	29.8	9.0	83.0	31.3	75.6	314.6
Media	16.7	18.8	22.7	28.9	31.3	10.0	88.4	97.7	129.7	377.7
Máxima	18.2	20.0	23.7	30.1	32.6	11.1	93.0	237.6	193.6	450.4
Total								2,540.7	3,112.9	9,064.0

S/D: Sin dato

(*) Datos correspondientes a 26 días, precipitación a 30 días.

Julio de 2000

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mínima		Media mensual	Máxima		Oscilación Media Diaria		Totales Mensuales		Media Diaria
	Absoluta	Media		Media	Absoluta		(mm)	(mm)	(cal/cm²)	
Viterbo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Risaralda	16.6	18.8	23.3	30.5	32.2	11.7	87	94.9	124.6	450.0
Cartago	17.2	18.8	23.4	30.9	32.9	12.1	84	102.7	123.4	477.9
Zarzal	16.5	18.0	23.2	31.1	33.0	13.1	82	40.2	138.1	382.4
La Paila	17.0	18.6	23.1	30.1	32.4	11.5	86	69.5	178.2	412.7
Bugalagrande *	17.2	18.6	23.4	30.2	33.2	11.6	83	34.9	122.6	418.6
Tuluá	16.8	18.3	22.9	29.4	31.8	11.1	86	24.1	186.6	501.2
Yotoco	13.8	17.9	23.3	29.7	31.8	11.8	S/D	42.1	82.5	396.7
Guacarí	16.3	18.7	23.3	29.5	31.4	10.8	82	42.9	189.5	424.3
Ginebra	16.1	18.5	23.0	29.3	31.5	10.8	82	53.6	133.6	416.8
Amaime	16.4	18.3	22.6	28.9	31.4	10.6	82	47.5	131.3	382.9
San Marcos	16.7	19.0	23.6	29.8	31.6	10.8	83	68.8	218.0	455.2
Palmira - La Rita*	16.1	18.0	22.4	29.2	31.1	11.2	88	25.6	136.4	385.5
Arroyohondo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Palmira - S. José	15.4	18.0	22.6	29.3	31.3	11.3	85	77.6	120.6	323.3
Aeropuerto	16.0	18.2	23.0	29.6	31.9	11.4	81	68.1	148.6	441.0
Base Aerea	17.1	19.9	24.2	29.7	31.8	9.8	78	50.2	140.0	390.0
Candelaria	15.9	18.4	22.9	29.3	31.8	10.9	86	20.2	178.7	429.4
Pradera	15.5	17.9	22.3	28.8	30.4	10.9	83	15.4	123.6	357.1
Meléndez	15.8	18.5	23.0	29.5	31.7	11.0	86	37.0	210.0	436.1
Cenicaña	16.3	18.7	22.9	28.9	31.1	10.2	79	46.4	124.8	386.6
Jamundí	15.3	18.1	22.9	29.6	31.3	11.5	87	32.9	129.2	404.5
Bocas del Palo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Ortígal	16.4	18.7	22.9	28.9	31.3	10.2	90	115.1	122.5	395.7
Miranda	15.9	18.5	22.6	28.8	31.2	10.3	89	53.1	113.1	378.6
El Naranjo	15.9	18.4	22.6	28.7	30.0	10.3	87	71.8	168.8	404.6
Corinto	16.7	18.5	22.5	28.1	31.6	9.6	84	93.9	123.6	385.3
Santander de Q.	16.0	17.8	22.6	29.1	31.3	11.3	87	81.5	115.4	343.7
Mínima	13.8	17.8	22.3	28.1	30.0	9.6	78.0	15.4	82.5	323.3
Media	16.2	18.4	23.0	29.5	31.6	11.0	84.5	56.4	143.3	407.2
Máxima	17.2	19.9	24.2	31.1	33.2	13.1	90.0	115.1	218.0	501.2
Total								1,410.0	3,583.7	10,180.1

S/D: Sin dato

(*) Datos correspondientes a 27 días y 23 días respectivamente.

Continúa

Resumen Climatológico Mensual

Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano

Agosto de 2000

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa (%)	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mínima		Media mensual	Máxima		Oscilación Media Diaria		Totales Mensuales		Media Diaria
	Absoluta	Media		Media	Absoluta			(mm)	(mm)	(cal/cm²)
Viterbo	16.0	17.9	22.9	30.1	33.1	12.2	81	175.2	144.7	470.3
Risaralda	16.4	18.2	23.2	30.6	33.8	12.4	86	146.7	127.4	454.6
Cartago	16.4	18.5	23.8	31.6	34.4	13.1	81	94.3	144.8	505.8
Zarzal *	16.1	17.9	23.5	31.8	34.5	13.9	80	S/D	S/D	411.8
La Paila *	15.7	18.0	23.4	31.4	33.8	13.4	84	S/D	S/D	402.0
Bugalagrande	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Tuluá *	15.7	18.2	23.1	30.3	34.0	12.1	85	S/D	S/D	S/D
Yotoco	16.4	18.3	23.5	30.8	33.3	12.5	S/D	41.3	91.2	434.5
Guacarí	16.0	18.6	23.4	30.1	32.4	11.5	81	37.8	204.2	453.3
Ginebra	16.0	18.4	23.1	29.9	32.8	11.5	81	20.1	144.1	456.2
Amaime	16.4	18.3	22.9	29.6	32.5	11.3	80	53.2	144.3	436.5
San Marcos	16.8	19.0	23.8	30.6	36.0	11.6	82	43.0	232.4	489.8
Palmira - La Rita	14.9	17.8	22.8	30.6	33.7	12.8	85	26.6	141.9	389.9
Arroyohondo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	50.0	S/D	S/D
Palmira - S. José	16.0	17.8	22.9	30.1	33.8	12.3	82	34.0	124.6	332.6
Aeropuerto	15.9	18.2	23.4	30.6	33.7	12.4	79	30.4	159.9	463.1
Base Aerea	17.4	19.8	24.6	31.0	34.4	11.2	75	20.7	148.8	425.7
Candelaria	16.3	18.3	23.1	30.3	33.3	12.0	85	28.0	187.7	443.4
Pradera	16.4	17.8	22.5	29.7	32.8	11.9	81	21.1	125.3	356.7
Meléndez	15.3	18.2	23.3	30.5	33.7	12.3	83	60.7	224.3	455.4
Cenicaña	16.9	18.6	23.2	29.7	33.1	11.1	77	49.0	131.4	377.0
Jamundí	14.6	17.7	23.0	30.3	34.4	12.6	85	48.5	137.2	433.3
Bocas del Palo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	49.0	S/D	S/D
Ortígal	16.6	18.5	23.1	29.8	33.2	11.3	89	60.2	126.5	407.3
Miranda	16.2	18.3	22.9	29.7	33.6	11.4	87	47.0	120.0	395.6
El Naranjo	16.1	18.1	22.9	29.6	33.5	11.5	85	33.9	178.0	419.0
Corinto	16.1	18.4	23.0	29.2	33.3	10.8	81	29.4	114.6	376.6
Santander de Q.	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	49.0	S/D	S/D
Mínima	14.6	17.7	22.5	29.2	32.4	10.8	75.0	20.1	91.2	332.6
Media	16.1	18.3	23.2	30.3	33.6	12.0	82.4	52.0	150.2	425.7
Máxima	17.4	19.8	24.6	31.8	36.0	13.9	89.0	175.2	232.4	505.8
Total								1,249.1	3,153.3	9,790.4

S/D: Sin dato

(*) Datos correspondientes a 19, 21 y 24 días respectivamente.

Septiembre de 2000

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa (%)	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mínima		Media mensual	Máxima		Oscilación Media Diaria		Totales Mensuales		Media Diaria
	Absoluta	Media		Media	Absoluta			(mm)	(mm)	(cal/cm²)
Viterbo	16.2	18.2	22.0	28.7	31.4	10.5	86	261.4	134.2	439.7
Risaralda	16.7	18.6	22.6	29.3	31.7	10.7	89	182.9	117.9	417.0
Cartago	17.2	19.0	22.8	29.6	32.5	10.6	87	120.4	130.0	460.1
Zarzal	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
La Paila	16.5	18.7	22.5	29.3	32.0	10.6	90	118.0	175.8	325.8
Bugalagrande (*)	16.4	18.6	22.6	29.1	32.0	10.5	87	S/D	141.0	429.0
Tuluá	16.1	18.4	22.3	28.4	31.5	10.0	89	67.1	S/D	S/D
Yotoco	16.8	18.5	22.7	28.9	31.4	10.4	S/D	69.1	79.9	364.9
Guacarí	16.8	18.4	22.4	28.5	31.4	10.1	85	29.1	177.0	399.1
Ginebra (*)	16.8	18.3	22.2	28.5	31.4	10.2	86	S/D	129.0	400.8
Amaime	16.1	18.1	21.8	27.8	30.4	9.7	86	94.3	126.9	390.1
San Marcos	16.3	18.6	22.7	28.8	31.2	10.2	86	85.7	197.4	428.4
Palmira - La Rita	16.3	17.9	21.8	28.5	31.9	10.6	89	39.9	125.5	355.6
Arroyohondo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	75.0	S/D	S/D
Palmira - S. José	16.4	18.1	21.9	28.1	30.9	10.0	86	92.0	113.7	317.2
Aeropuerto	16.2	18.2	22.4	29.1	32.1	10.9	84	64.3	143.1	418.3
Base Aérea	17.8	19.5	23.4	29.3	31.9	9.8	81	85.0	134.1	387.9
Candelaria	16.1	18.2	22.2	28.6	31.1	10.4	88	85.2	168.8	420.3
Pradera	15.9	17.8	21.7	28.1	31.4	10.3	85	50.3	114.4	335.7
Meléndez	17.1	18.4	22.4	28.8	31.7	10.4	88	172.4	200.0	416.6
Cenicaña	16.8	18.5	22.2	28.0	30.5	9.5	82	81.6	121.0	363.8
Jamundí	16.9	18.3	22.2	28.6	31.7	10.3	89	142.3	123.3	392.2
Bocas del Palo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Ortígal	16.8	18.4	22.2	28.3	31.1	9.9	92	54.5	115.5	379.5
Miranda	16.2	18.2	21.9	28.2	31.2	10.0	91	79.1	110.6	380.9
Naranjo (*)	S/D	S/D	22.2	S/D	S/D	S/D	88	136.2	S/D	411.9
Corinto	16.6	18.1	22.0	27.7	30.2	9.6	85	195.9	116.1	363.8
Santander de Q.	16.8	18.4	22.2	28.4	31.2	10.0	90	123.0	111.9	356.3
Mínima	15.9	17.8	21.7	27.7	30.2	9.5	81	29.1	79.9	317.2
Media	16.6	18.4	22.3	28.6	31.4	10.2	87	104.4	135.1	389.8
Máxima	17.8	19.5	23.4	29.6	32.5	10.9	92	261.4	200.0	460.1
Total								2,504.7	3,107.1	9,354.9

S/D: Sin dato

(*) - Datos correspondientes a 20, 20 y 15 días respectivamente. Precipitación en Naranjo a 30 días

Conservación de la red de drenaje subsuperficial

Jaime Guardiola Mora*

El objetivo de un sistema de drenaje subsuperficial es controlar el manto freático. Sin embargo, éste se puede ver afectado por distintas causas como fallas o deficiencias en el cálculo de la hidrología subterránea, por el cual se determinan el espaciamiento y profundidad de los drenes, o fallas en el cálculo de la capacidad evacuadora del dren en relación con su diámetro y pendiente.

Otras causas no menos importantes son una instalación deficiente, obstrucciones por depósitos insolubles de hierro férrico y de “ochre” tanto en la parte interna del dren como en el anillo filtrante, y la sedimentación ocasionada por partículas de suelo atribuible a un diseño deficiente o inapropiado del filtro granular de grava-arena.

Cualquiera de las causas mencionadas arroja como resultado final un nivel freático excesivamente alto o el encharcamiento del suelo. Para asegurar la efectividad del sistema de drenaje es necesario verificar desde el primer momento que la instalación cumpla con las especificaciones de diseño y, en adelante, supervisar permanentemente las descargas del tubo colector al canal o cauce y las condiciones del suelo en cuanto a encharcamientos o excesos de humedad por períodos de tiempo mayores que los normales.

En general, la conservación de la red de drenaje se basa en la revisión preventiva del sistema y en la solución oportuna de los problemas que se puedan detectar. Para ello se requieren procedimientos de diagnóstico prácticos y disponibilidad de métodos de control.

Verificación de alineamiento y estado interno del dren

Parte de las funciones de la interventoría en la construcción de un sistema de drenaje es verificar, una vez instalado el sistema, el alineamiento correcto de la tubería y la ausencia de obstrucciones debidas a aplastamientos, torceduras o colocación en espiral que puedan afectar la sección original del tubo e impedir su funcionamiento adecuado.

Para tal propósito se utiliza el Verificador “GO”, construido con láminas flexibles que conforman una especie de torpedo, el cual se adapta a una varilla de acero rígido de 1.0 m de longitud de manera que se pueda introducir por el tubular aguas arriba; a medida que se avanza por el tubular, se acoplan tramos de varilla de fibra de vidrio o material similar para aumentar la longitud de alcance (Figura 1).

* Ingeniero Agrónomo, especialidad Riegos y Drenaje. Calle 5 oeste #25-180 Cali-Colombia.



Figura 1. Verificador “Go”, utilizado para inspeccionar el alineamiento del dren y su estado interno luego de construido el sistema de drenaje (5).

El verificador “Go” pasará sin dificultad a través del dren correctamente instalado, pero encontrará más resistencia que la normal cuando el tubo esté en espiral. Si presenta dificultad total para pasar lo más probable es que el tubular tenga en ese punto defectos graves como rotura, aplastamiento o torcedura, que impedirán en el futuro el lavado con agua a presión (“jetting”). Por tanto, localizado el defecto, habrá que excavar y solucionar el daño. Esta verificación se denomina “rodding” en inglés.

Sedimentación por partículas de suelo

Los suelos que contribuyen a la sedimentación son los más inestables, los de textura arenosa y limosa y aquellos con un porcentaje alto de arena fina y limo.

Las condiciones físicas en que se instale la tubería de drenaje juega un papel importante en la sedimentación prematura. Si el material de relleno utilizado en el proceso de tapado de la zanja contiene exceso de humedad se dará lugar a la formación de puentes entre los terrones y las partículas de minerales sueltos; por acción del agua de riego o de lluvia se presentará inevitablemente un arrastre de material fino y mediano hacia el nivel del dren, ocasionando una sedimentación prematura que paulatinamente irá disminuyendo a medida que el material de la zanja se vaya asentando.

Formas de control

La sedimentación por partículas de suelo generalmente se controla por medio de un diseño adecuado del filtro granulado de grava-arena que es, hasta el momento, el más recomendable. También es importante diseñar la pendiente adecuada para permitir la velocidad mínima recomendable de acuerdo con el riesgo de sedimentación estimado.

La limpieza aconsejable es por arrastre, inyectando agua a 100 atmósferas estándar de presión (1470 PSI) por medio de una manguera reforzada y flexible con el cabezote del eyector en el extremo. La capacidad de la bomba de presión es de 2.0 litros por segundo, la longitud normal de la manguera es de 250 metros y el eyector tiene un diámetro exterior de 28 milímetros en promedio. El cabezote del eyector es de un diseño especial, con una boquilla central y tres orientadas hacia atrás en ángulo adecuado: el chorro frontal facilita el desplazamiento del eyector hacia adelante, coadyuvado por los tres chorros hacia atrás hasta llegar al final del dren;



Equipo para limpieza de drenes por inyección de agua a presión.

a partir de allí, en retroceso, es cuando se complementa la barrida o limpieza del dren. Es un sistema muy efectivo para la limpieza de sedimentos de limos y arcillas que no estén consolidados, como también de precipitados de hierro férrico y de depósitos de “ochre” en estado temprano de formación (4).

El precipitado de hierro férrico y el “ochre”

Casi todas las aguas subterráneas contienen el hierro soluble como hierro ferroso (Fe^{2+}) el cual se convierte en hierro férrico (Fe^{3+}) insoluble al entrar en contacto con el oxígeno del agua dentro y fuera del tubo de drenaje. Aunque la oxidación del hierro ferroso a férrico es instantánea, su velocidad de reacción aumenta con pH entre 6.5 y 8.5; así el 90% se oxida en pocos segundos. Mientras el hierro ferroso es de color negro, el hierro férrico se precipita en polvo de color rojizo.

Existen bacterias ferrosas que tienen un efecto catalizador en la reacción de oxidación y reducción del hierro ferroso a férrico o hidróxidos insolubles, con lo cual obtienen energía para su desarrollo:



Son bacterias aerobias que se desarrollan bien en aguas con 0.02 mg/litro de hierro ferroso soluble y que proliferan más con concentraciones mayores de

1.0 mg/litro; los medios oscuros y las aguas con poco contenido de oxígeno y gran cantidad de dióxido de carbono también favorecen su proliferación. Se alimentan de compuestos de carbono como bicarbonatos (HCO_3) y dióxido de carbono (CO_2).

De acuerdo con su forma, se reconocen tres grupos de bacterias ferrosas:

Encapsuladas: *Siderocapra*

Bastonadas: *Gallionella*

Filamentosas: *Crenothrix*; *Sphaerotilus*; *Clonothrix*; *Leptothrix*; *Cladothrix*.

La *Gallionella* y la *Leptothrix* flotan en el agua y por tanto no constituyen problema alguno para el drenaje subsuperficial. No sucede lo mismo con el resto de las bacterias filamentosas, las cuales se adhieren por medio de sus filamentos a las paredes interna y externa del dren y dentro del filtro, sea éste de grava-arena o de fibras sintéticas (geotextil); la *Crenothrix polyspore* es la más agresiva.

Al entrar en contacto con los compuestos férricos, y como resultado de su ciclo vital, estas bacterias forman una masa gelatinosa, amorfa y pegajosa a la que se adhieren limo y otras sales minerales insolubles; con el tiempo, esta masa gelatinosa se endurece y cristaliza. Esto es lo que suele denominarse “ochre”.

El 90% del “ochre” es agua y el 10% restante está conformado por hierro férrico (entre 5% y 50%) y carbón orgánico (entre 2% y 15%). Cuando está seco es de color rojo-canela; de allí el nombre del color ocre (3).

Formas de control

Se han realizado ensayos a nivel de laboratorio y de campo con varios compuestos químicos y agentes antimicrobiales en combinación con nuevos diseños en la ranuración del dren con el objeto de controlar o reducir el problema del “ochre”.

Se dice que un factor favorable en su formación y acumulación son las aristas o rebabas de los bordes de los orificios en el tubo de drenaje.

Entre los diversos productos químicos ensayados están los compuestos de cobre, cloruro de mercurio (HgCl_2), hipoclorito de sodio (NaClO) y de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ y otros compuestos para elevar el pH, con resultados poco o nada satisfactorios; además son tratamientos costosos, transitoriamente eficaces y poco prácticos (3).

Otros autores recomiendan el cloro como agente eficaz para matar las bacterias y producir al mismo tiempo un efecto de combustión de la masa viscosa (por ser el cloro un fuerte agente oxidante). Se requieren altas concentraciones de cloro libre, entre 100 y 200 ppm. Los resultados no son del todo recomendables por lo engorroso de su aplicación y efectividad pobre (1).

El método más recomendable hoy en día con resultados satisfactorios es la limpieza por barrida o arrastre por medio de chorro de agua a presión a 100 atmósferas estándar (1470 PSI). Esta medida es efectiva siempre y cuando se realice oportunamente puesto que con el tiempo el “ochre” se va transformando en una masa dura, cristalina y fuertemente adherida a la superficie interna del dren tubular siendo difícil, si no imposible, removerla (2).

Otros tipos de obstrucción en el dren debido a la inducción bacterial, pero poco frecuentes, son los depósitos negros de compuestos de manganeso (Mn^{2+}), lodos de azufre elemental de color blanco y el sulfuro de hierro de color negro y odorífero.

Recomendaciones

1. Inspeccione periódicamente las descargas del tubo colector al canal o cauce de evacuación en períodos de lluvia y de riego. Observe si la descarga es libre o sumergida; la distancia entre la salida del tubo colector y el espejo de agua en el canal debe mantenerse en 30 cm como mínimo.
2. Compruebe que la rejilla de protección contra la entrada de roedores se conserva, no está obstruida y que la tapa basculante opera libremente.
3. Haga un seguimiento al desarrollo vegetativo del cultivo en las distintas etapas de crecimiento con referencia a períodos de lluvia y riego, especialmente si se presentan encharcamientos o exceso de humedad en el suelo de forma permanente o durante más tiempo del normal.
4. Considerando la importancia de un proyecto de construcción de un sistema de drenaje subsuperficial y el costo de la inversión, resulta indispensable realizar una interventoría calificada que de cumplimiento a las especificaciones de diseño y supervise cada etapa de la construcción.

Referencias bibliográficas

1. Bolduc, G.F; Broughton, R.S; Rolling, A.L. Observation of synthetic envelope material in silt soil. Drainage Design and Management, Proceeding National Symposium, 5, Chicago, 14-15 december, 1987. ASAE. p.380
2. Evans, R.; et al. Effects of agricultural water management on drainage water quality. Drainage Design and Management, Proceeding National Symposium, 5, Chicago, 14-15 december, 1987. ASAE. p.210
3. Ford, H.W.; Alternatt, W.E.; Hamilton, N.F. Inibiting bioslimes on surfaces polyethylene tubing. Drainage Design and Management, Proceeding National Symposium, 5, Chicago, 14-15 december, 1987. ASAE. p.416
4. Pizarro, F. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Madrid, Agrícola Española, 1978
5. Van Zeijts, T. Quality control of subsurface drainage works in The Netherlands. Drainage Design and Management, Proceeding National Symposium, 5, Chicago, 14-15 december, 1987. ASAE. p.302

Estadística espacial

Alberto E. Palma Z.¹

Es la rama de la estadística que se ocupa de estudiar el comportamiento de los fenómenos en el espacio físico; herramienta fundamental en la agricultura de precisión y por ende en la agricultura específica por sitio.

La estadística espacial es la rama de la estadística que se ocupa de estudiar el comportamiento de los fenómenos en el espacio físico. Mediante su uso es posible analizar la variabilidad existente entre puntos (que identifican un mismo fenómeno) y conocer su comportamiento cuando están muy próximos o muy distantes.

El interés general por la estadística espacial es cada día mayor y su empleo es cada vez más común en áreas como la agricultura, para elaborar mapas temáticos; la climatología, para construir isolíneas de diferentes variables (3); la geografía humana, para conformar mapas de isopleas e isocoropleas que estimen la distribución espacial de la densidad poblacional en una región determinada (4); y el diseño de muestreo, entre otras. Es una herramienta fundamental en la agricultura de precisión y por ende en la agricultura específica por sitio. Sus aplicaciones pueden darse desde una escala microscópica hasta una escala astronómica (1).

Para utilizar la estadística espacial es fundamental que los puntos (datos) de las variables por analizar correspondan a sitios georreferenciados. El conocimiento de las coordenadas geográficas es indispensable para analizar cómo cambia el valor de las variables específicas con la distancia. Así, los actuales Sistemas de Información Geográfica (SIG) incorporan modelos automatizados de estadística espacial como herramientas para el análisis de fenómenos particulares en el espacio geográfico.

En este artículo se presenta una breve reseña sobre los antecedentes de la estadística espacial y se exponen algunos conceptos fundamentales para su comprensión, incluyendo el variograma como elemento básico de análisis. Finalmente se muestra un ejemplo sobre el análisis de la precipitación anual en el valle del río Cauca.

Antecedentes

Las primeras manifestaciones de la estadística espacial datan de 1626, cuando Halley la utilizó para elaborar mapas de datos. Otros registros se relacionan a continuación, en orden cronológico:

Student (1907): distribución de partículas a través de líquidos y enumeración de partículas por unidad de área.

1. Biometrista, CENICAÑA.

Fisher (1920, 1930, 1935): dependencia espacial en campos de experimentación agrícola, principios de aleatoriedad, bloques y repeticiones.

Yates (1938): neutralización del efecto de la correlación espacial aplicando principios de aleatoriedad.

Hart (1954): acuñó el término geoestadística en un contexto geográfico para denominar las técnicas estadísticas con énfasis en la localización de un punto dentro de una zona determinada (5).

Matheron (1962, 1963): usó el término geoestadística en un contexto geológico para denotar teoría y métodos para inferir reservas minerales con base en datos espaciales distribuidos en una beta de oro (1).

Cressie (1993): afirma que la geoestadística rompe las cadenas terrenales y toma un rol más universal, uno de los cuales concierne a la teoría estadística y sus aplicaciones en procesos con índices espaciales continuos (1).

En CENICAÑA se ha utilizado la estadística espacial en combinación con los SIG para generar isolíneas de: productividad con base en la producción de caña o el rendimiento en azúcar, elementos químicos y físicos de suelo, precipitación, radiación, temperatura, balance hídrico, distribución de plagas y enfermedades y floración; con datos experimentales para obtener variables que permitan corregir la variabilidad espacial al interior de los bloques (7),(2); y con datos económicos para construir isolíneas de rentabilidad, entre otros.

En la agricultura cobra importancia por las múltiples aplicaciones para ayudar a manejar el cultivo, facilitando el análisis conjunto de muchas de las causas de las variaciones en producción.

En la agroindustria azucarera local, el uso de la estadística espacial ha venido en ascenso con la adopción de los sistemas de información geográfica; de hecho, varios de los programas disponibles para aplicaciones de SIG incorporan modelos de estadística espacial. Aunque estos modelos pueden ser utilizados con relativa facilidad, es muy importante seleccionar el más adecuado para el análisis pues de ello depende la calidad de la información obtenida;

en muchos casos las características del objeto de estudio exigen el uso de modelos más complejos que los incluidos en los SIG.

Conceptos fundamentales

En geología, ecología y ciencias ambientales no siempre es posible o apropiado aplicar principios de aleatoriedad, bloquear u obtener repeticiones. En estos casos es necesario utilizar la estadística espacial y otro tipo de aproximaciones que, conjuntamente con tecnologías antiguas, ayudan a resolver nuevas inquietudes con resultados confiables y útiles para la toma de decisiones.

El propósito fundamental es hallar la forma de interpolar datos a partir de unos datos conocidos. Para ello se han desarrollado varios métodos como el de Kriging (variograma), IDW (ponderación por el inverso de la distancia), SPLINE (curva suavizada pasando por todos los puntos) y TREND (usa regresión polinomial para ajustar los puntos por los mínimos cuadrados).

La selección del método de interpolación depende de la distribución de la muestra en el espacio y del fenómeno por estudiar. Las interpolaciones con los diferentes métodos son muy parecidas cuando se tienen muchos puntos de muestreo en el área de análisis. Cuando el número de datos es escaso el método más conveniente es el de Kriging, cuyo concepto fundamental es el variograma.

Método de Kriging o variograma

El método fue denominado Kriging en 1962 por Matheron (geomatemático francés) en honor de D.G. Krige (ingeniero de minas sudafricano). El concepto fundamental de este método es el variograma, el cual indica el comportamiento de la variabilidad de un fenómeno (precipitación, pH, conductividad eléctrica, etc.) a medida que la distancia entre dos sitios aumenta o disminuye. Con el progreso de los cálculos automáticos por computador se ha logrado avanzar más en la metodología dado que las operaciones por realizar pueden

resultar bastante dispendiosas cuando aumenta el número de sitios.

A manera de introducción en los conceptos importantes del método, en la Figura 1 se presenta una interpretación gráfica de los parámetros de los diferentes elementos del variograma; a continuación, la definición de cada uno de ellos:

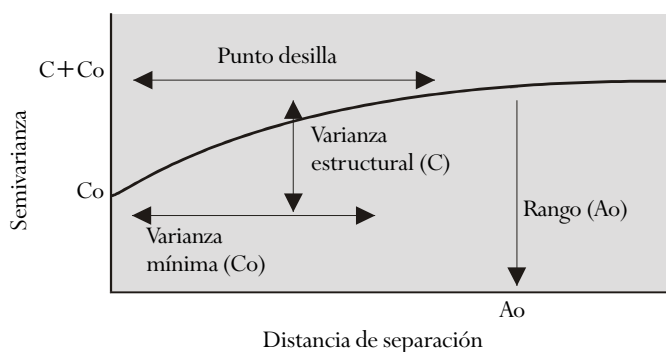


Figura 1. Parámetros del variograma (método de Kriging).

Distancia de separación (eje horizontal): conformado por las distancias entre cada localidad y las demás, formando grupos que no difieren en más de una determinada cantidad de unidades de longitud.

Semivarianza (eje vertical): semivarianza para cada uno de los grupos de distancias conformados.

C_0 (intercepto del modelo): varianza mínima esperada entre localidades cuya distancia de separación sea tan pequeña que se pueda considerar cero.

C (varianza estructural): variabilidad atribuida a la distancia de separación entre localidades.

$C + C_0$ (punto de silla, asíntota del modelo): punto a partir del cual la varianza empieza a estabilizarse independientemente de la distancia de separación.

A_0 (rango): distancia máxima de separación sobre la cual la dependencia espacial está presente.

Los modelos de variograma más utilizados en la actualidad son: lineal, lineal con punto de silla, esférico, exponencial, gaussiano.

Para decidir cual de ellos utilizar es importante interpretar los parámetros relacionados con el ajuste del modelo que provee cada software. En CENICAÑA usamos el software GS^+ (6).

El modelo de variograma seleccionado se utiliza como factor ponderante en las interpolaciones y para estimar nuevos valores dependiendo de su distancia con otros puntos conocidos y vecinos. La importancia de este método radica en que considera que no todas las veces la aproximación debe ser lineal; no modela los valores puntuales observados sino su variabilidad en función de la distancia. Todos sus parámetros son probados estadísticamente. Para lograr aproximaciones precisas se requiere georreferenciar cada localidad (coordenadas X, Y).

Ejemplo de aplicación

La presente aplicación del método de Kriging se refiere a la precipitación atmosférica anual para el periodo comprendido entre 1994 y 1997 de trece estaciones meteorológicas, con sus coordenadas X Y, ubicadas en la región azucarera en el valle del río Cauca. Se estimó el variograma y con base en éste se generaron las isolíneas de precipitación.

El gráfico del modelo exponencial resultante y los respectivos parámetros se ilustran en la Figura 2.

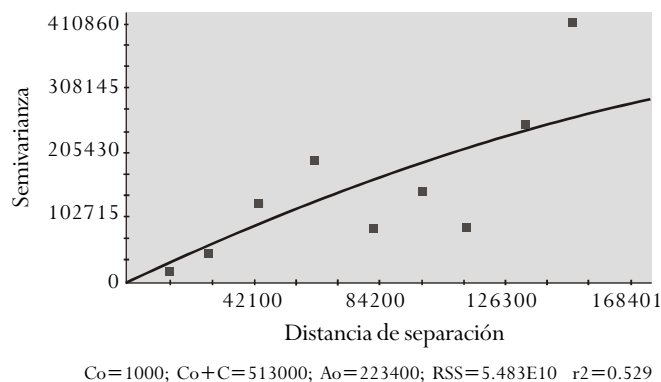


Figura 2. Modelo exponencial del variograma para generar isolíneas de precipitación en el valle del río Cauca utilizando los registros de trece estaciones automatizadas (datos fuente: Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero).

En este caso:

$C_0 = 1000$ Varianza mínima esperada

$C = 512000$ Varianza estructural

$A_0 = 223400$ Rango

En el caso del modelo exponencial la distancia de separación donde la dependencia espacial está presente se puede asumir como $3A_0$, es decir 670200.

Este modelo se utiliza para hacer las ponderaciones a fin de estimar los puntos requeridos en la cuadrícula para las interpolaciones y posteriormente construir las isolíneas de precipitación mediante la utilización del SIG (Figura 3).

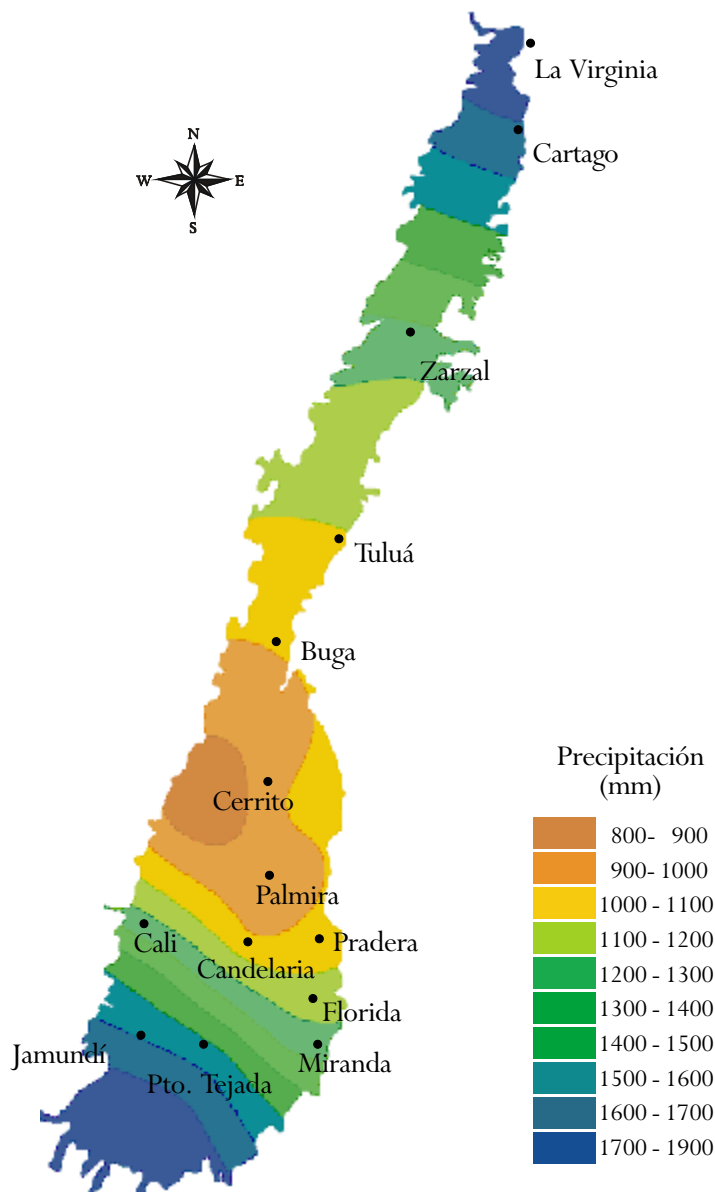


Figura 3. Isolíneas de precipitación a partir de los registros de trece estaciones meteorológicas (datos fuente: Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero).

La calidad de las isolíneas depende de la calidad de la georreferenciación de los puntos, la confiabilidad y precisión del dato y el factor ponderante seleccionado. Este último aspecto está asociado con una buena elección del modelo de variograma sobre todo si los puntos involucrados son pocos.

Referencias bibliográficas

1. Cressie, N. 1993. Statistics for Spatial Data. New York, Jhon Wiley & Sons, Inc.
2. Marx, D. 1995. Analysis of designed experiments in the presence of spatial correlation. Simposio Internacional de estadística en agricultura y medio ambiente. Conferencia satélite. Ciat, Palmira (Colombia).
3. Palma, A.; Luna, A.; Carbonell, J.; Ortiz, B. 1999. Classification of the natural conditions in sugarcane crops for region in Colombia. Proceedings XXIII ISSCT Congress. ISSCT, India.
4. Puyol, R; Estebanez, J.; Méndez, R. 1995. Geografía Humana. Ediciones Cátedra S.A. España.
5. Ripley, B. 1981. Spatial Statistics. New York, Jhon Wiley & Sons, Inc.
6. Robertson, G.P. 1998. GS⁺: GeoStatistics for the Environmental Sciences. Gamma Design Software, Plainwell, Michigan-USA
6. Viveros, C; Palma, A; Amaya, A.; Ortiz, B. 2000. Mejoramiento de la selección varietal por sacarosa en caña de azúcar con la ayuda de la estadística espacial. CENICAÑA, Cali.

Jornada sobre Aplicaciones Diversas de los Sistemas de Información Geográfica

Brenda Valeska Ortiz Uribe¹
Javier Carbonell González²

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han ganado importancia en el campo agrícola y específicamente en el sector azucarero son cada día más utilizados para la administración de los cultivos y como elemento fundamental en la toma de decisiones de ingenios y cañicultores.

Por esta razón, y con el objetivo de compartir conocimientos y experiencias acerca de las aplicaciones de SIG en diferentes sectores, el pasado 31 de mayo CENICANA coordinó la primera jornada sobre Aplicaciones Diversas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la cual tuvo lugar en el auditorio de ASOCAÑA en Cali.

Al evento asistieron aproximadamente 140 personas entre cañicultores, técnicos de las industrias azucarera y forestal, investigadores y proveedores de SIG. A continuación se describen los temas desarrollados durante la jornada, con los autores correspondientes:

Sistema de información geográfica para la planeación y administración de una empresa forestal, ingenieros Eduardo Osorio, Alberto Uribe y Sergio Builes de la compañía Smurfit Cartón de Colombia: presentaron el modelo conceptual del Sistema de Información Forestal (SIF) y de la aplicación PLANEX para generar planes de cosecha forestales, los cuales utilizan herramientas de SIG como elementos fundamentales para su desarrollo.

Sistema de soporte a la decisión de despacho de maquinaria al campo, ingeniero Nelson Vásquez de INCAUCA: presentó el modelo

desarrollado en ArcInfo para simular diferentes condiciones de precipitación y suelos a fin de determinar la factibilidad de realizar labores de campo y cosecha empleando maquinaria agrícola. El modelo provee diferentes índices de compactación del suelo y simula las condiciones del campo y el efecto de la cosecha (cuando ésta es la labor por realizar) a partir de la siguiente información básica: lluvia acumulada durante los cinco días previos a la fecha programada de cosecha, análisis de probabilidad de la precipitación, tipo de suelo, índice de saturación de agua en el suelo, profundidad radicular. En la fecha de la presentación, el modelo estaba en proceso de validación por parte del ingenio.

Ejercicio para la programación de labores de campo y cosecha en invierno-verano, ingeniero Jaime Torres del Ingenio Central Castilla: expuso los avances preliminares en el establecimiento de una metodología para definir prioridades de programación de labores de campo y cosecha a nivel de suerte, utilizando fundamentalmente herramientas de SIG e información básica de precipitación (probabilidades), disponibilidad de agua, caracterización del drenaje y la calificación del estado del campo cuando se realiza la cosecha en invierno o verano.

Proceso para la agricultura de precisión en el Ingenio Central Castilla, ingeniero Jaime Torres del Ingenio Central Castilla: avances en el desarrollo conceptual de un esquema metodológico para establecer en el futuro la agricultura de precisión en el ingenio y presentación del tipo de información que se ha venido capturando para tal fin.

1. Ingeniera Agrícola, Analista de Sistemas de Información Geográfica de CENICAÑA.

2. Ingeniero Agrícola, MSc, Superintendente del Centro Experimental de CENICAÑA.

El Plan de Ordenamiento Territorial de Puerto López, una experiencia exitosa de trabajo interdisciplinario, ingeniera Yolanda Rubiano vinculada al proyecto Manejo de Tierras/SIG del Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT: exposición del desarrollo del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Puerto López (Meta), zona biodiversa, con recursos económicos escasos y una comunidad comprometida con la conservación de los recursos naturales. La formulación del Plan se realizó de forma concertada con la comunidad, pensando en el desarrollo sostenible de la región y su propio bienestar económico y social. Se utilizaron herramientas de uso fácil y sin costo, como SIG MapMaker.

Balance hídrico gráfico para la programación de inicio del riego, ingeniero José Rafael Rojas del Ingenio Providencia: con base en la información generada por el programa de Balance Hídrico Automatizado desarrollado por CENICAÑA, el estudio semidetallado de suelos del valle del río Cauca realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC e información adicional de las suertes se desarrolló una rutina en el SIG ArcInfo mediante la cual se generan mapas con las suertes de caña que requieren la aplicación de riego.



Model Builder: la revolución para el modelamiento espacial, ingeniera Yamileth Gómez de Prosis S.A.: demostración del desarrollo Model Builder (SIG ArcVIEW, extensión Spatial Analyst) que reúne un grupo de herramientas de modelamiento para crear diagramas de flujo donde se muestran los datos de entrada, los procesos de análisis y los resultados; estos diagramas son una interfase entre los datos reales y los procesos que realiza el SIG.

Aplicaciones diversas de los SIG en un ingenio azucarero, ingenieros Brenda Valeska Ortiz y Javier Carbonell de CENICAÑA: el objetivo de la presentación fue mostrar las aplicaciones de SIG para apoyar el análisis de información en un ingenio azucarero, entre ellas: (a) análisis de producción comercial: mapas de producción de caña de varios años por ingenio y por suerte, para analizar la variabilidad temporal y espacial de la producción; (b) fertilidad del suelo: distribución espacial de elementos químicos del suelo determinados mediante análisis de laboratorio y su relación con la producción de cultivos de caña en una zona; (c) ubicación de variedades: análisis de la ubicación de variedades versus producción como indicativo de la ubicación potencial de variedades.

El 19 de julio, luego del encuentro, los cañicultores y técnicos de ingenios interesados en profundizar sus conocimientos sobre el manejo y las aplicaciones del programa ArcVIEW se reunieron en CENICAÑA.

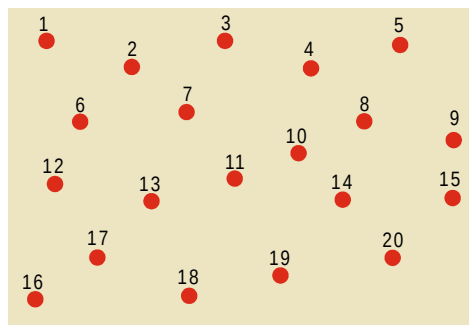
Servicio de diagnóstico de enfermedades

El Laboratorio de Fitopatología de CENICAÑA, ubicado en el Centro Experimental, presta el servicio de diagnóstico de enfermedades en muestras provenientes de semilleros y campos comerciales.

Cómo tomar las muestras para el análisis

La caña para evaluación debe tener 7 meses de edad o más. Cada muestra debe estar compuesta por 20 hojas TVD (hojas bandera o primeras con lígula visible) tomadas al azar por cada 3 hectáreas de semillero ó 5 hectáreas de campo comercial, así:

En cada punto de muestreo se selecciona un tallo que represente la generalidad de la población en ese punto. Se corta la primera hoja con cuello visible y se separan para el análisis los primeros 30 cm de la parte más ancha o tercio basal.



Las 20 hojas recolectadas se amarran en un atado y se marcan con un número de identificación; luego se empacan en una bolsa plástica, la cual es necesario sellar para evitar que la muestra se seque.

Adjunto con la muestra se remite el formulario entregado por el Laboratorio de Fitopatología con la siguiente información: nombre del cultivador, ingenio del cual es proveedor, hacienda, suerte, tablón, variedad, edad (meses), número de corte, procedencia (lote comercial o semillero), área de muestreo (hectáreas), enfermedad sobre la cual se requiere el análisis, dirección para remisión de resultados y fecha de entrega de las muestras al laboratorio.

Para acceder al servicio es necesario separar cupo con antelación.

El costo de las determinaciones de incidencia de raquitismo de la soca, escaldadura de hoja, síndrome de la hoja amarilla, virus baciliforme y mosaico de la caña de azúcar es de \$13,000.00/muestra.

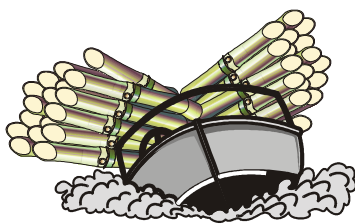
Informes en el Centro Experimental de CENICAÑA

Teléfono: (2) 664 80 25

María Luisa Guzmán - mlguzman@cenicana.org (ext. 150)

Jorge I. Victoria - jivictor@cenicana.org (ext. 139)

Vía Cali-Florida k 26



Antes de traer

variedades al Valle del Cauca procedentes de otros lugares de Colombia o del exterior, comuníquese con CENICAÑA.

El material vegetal debe permanecer en cuarentena para evitar posibles problemas sanitarios que pongan en peligro la productividad de la industria azucarera.

Establezca contacto en CENICAÑA con Jorge Ignacio Victoria K. jivictor@cenicana.org

Hacienda Piedechinche

Museo de la Caña de Azúcar



Un lugar precioso en medio de árboles inmensos, flores tropicales, senderos y arroyos, donde se combina el pasado, el presente y el futuro de la industria agrícola del azúcar.

El sitio ideal para enseñar a los niños el amor por lo nuestro y compartir con la familia y los amigos el placer de estar en contacto con la naturaleza.



Abierto de martes a domingo y días festivos, entre 9:00 am y 4:30 pm.

Programas especiales para estudiantes y grupos.

Cabalgatas y servicio de restaurante sólo el día domingo, con reserva previa.

Informes y reservas: Telefax: (57)(2) 5506076



Nota importante:

En el siguiente párrafo la información con negrilla es correcta y reemplaza la publicada en la página 39 de la Carta Trimestral 1 y 2 de 2000, en el escrito *Comentario sobre Biotecnología*:

... El aumento en los rendimientos y por ende en los ingresos económicos de los productores son algunos de los beneficios obtenidos con la siembra de especies vegetales transgénicas, por ejemplo: **como resultado de la resistencia al ataque de insectos es posible que las pérdidas mundiales en cultivos de vegetales, frutas, maíz y arroz se reduzcan en más de US\$90,000 millones al año; mientras los costos por uso de insecticidas podrían disminuir anualmente en más de US\$9000 millones;** adicionalmente, se logra una mejor conservación del ambiente, lo que beneficia tanto a los productores como a los consumidores.

Remite:
CENICAÑA
Calle 58 Norte No. 3^{BN}-110
Cali, Colombia

Adpostal



Llegamos a todo el mundo!

**CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR
A COLOMBIA Y AL MUNDO**

ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS

VENTA DE PRODUCTOS POR CORREO, SERVICIO
DE CORREO NORMAL, CORREO INTERNACIONAL,
CORREO PROMOCIONAL, CORREO CERTIFICADO,
RESPUESTA PAGADA, POST EXPRESS,
ENCOMIENDAS, FILATELIA, CORRA, FAX

LE ATENDEMOS EN LOS TELEFONOS
2438851 - 3410304 - 3415534
980015503
FAX 2833345