

Modelo productivo

Manejo agronómico de la caña de
azúcar y producción agroindustrial de
panela en la hoya de río Suárez



Modelo productivo manejo agronómico de la caña de azúcar y producción agroindustrial de panela en la hoya de río Suárez

Autores

Richard John Sánchez Jiménez
César Augusto Forero Camacho

Mosquera, Colombia 2016



Sánchez Jiménez, Richard John

Modelo productivo manejo agronómico de la caña de azúcar y producción agroindustrial de panela en la hoya de río Suárez. / Richard John Sánchez Jiménez y César Augusto Forero Camacho -- Mosquera (Colombia): Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), 2016.

139 páginas

Incluye referencias bibliográficas, datos numéricos e ilustraciones

ISBNe: 978-958-740-227-8

1. Saccharum officinarum 2. Cultivo 3. Características agronómicas 4. Manejo del suelo 5. Escarda 6. Aplicación de abonos I. Forero Camacho, César Augusto.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia **Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica**

Centro de Investigación Tibaitatá. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera, código postal 250047, Colombia.

Esta publicación es un producto desarrollado en el marco del Plan de Vinculación de Caña Panelera 2014; Macro Generación de recomendaciones agronómicas y nuevas tecnologías en la producción de panela en Colombia.

Serie: Modelos productivos
Segunda edición
Impreso en Bogotá, Colombia
Printed in Bogotá, Colombia

Preparación editorial

Editorial Corpoica
editorial.corpoica@corpoica.org.co

Editora: Liliana Gaona García

Corrección de estilo: Edwin Algarra Suárez

Fotografías: Archivo fotográfico Cimpa-Corpoica

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@corpoica.org.co
www.corpoica.org.co

Citación sugerida: Sánchez RJ, Forero CA. 2016. Manejo agronómico de la caña de azúcar y producción agroindustrial de panela en la hoya de río Suárez. Mosquera, Colombia: [Corpoica] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

Cláusula de responsabilidad: Corpoica no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Contenido

Agradecimientos	13
Introducción	14
Capítulo I	
Generalidades del cultivo de caña de azúcar para la producción de panela 15	
Origen y distribución.....	15
Descripción botánica y taxonómica	15
Situación actual del cultivo de caña de azúcar.....	16
Capítulo II	
Generalidades de la hoya del río Suárez	18
Descripción del área geográfica	18
Clima.....	20
Relieve	20
Suelos	21
Capítulo III	
Manejo agronómico de caña de azúcar para la producción de panela en la hoya del río Suárez	23
Sistema de siembra	23
Adecuación de tierras	23
Limpieza del terreno	24
Preparación del suelo	25
Drenaje.....	27
Surcado.....	28
Materiales genéticos	29
Variedades.....	30
Características morfológicas y comportamiento agronómico de la caña en condiciones de campo	31
Características deseables en variedades de caña de azúcar para la producción de panela	32
Variedades de azúcar para la producción de panelas cultivadas en la hoya del río Suárez y otras zonas paneleras del país a través del tiempo.....	33

Descripción de variedades	33
Nuevas variedades disponibles en la hoya del río Suárez	40
Fertilización	50
Planes de fertilización	50
Épocas de aplicación de fertilizantes	51
Formas de aplicación de fertilizantes	54
Nutrientes disponibles en fertilizantes esenciales para el desarrollo de la caña de azúcar	55
Control de malezas	58
Primer control de arvenses	59
Segundo control de arvenses	59
Malezas de importancia económica en caña en la hoya del río Suárez.....	60
Otras malezas que afectan el cultivo de la caña	66
Herbicidas no selectivos en caña utilizados en la hoya del río Suárez.....	70
Herbicidas selectivos en caña utilizados en la hoya del río Suárez	70
Herbicidas selectivos especialmente a hoja ancha utilizados en la hoya del río Suárez	72
Productos surfactantes	72

Capítulo IV

Plagas y enfermedades..... 74

Plagas de la caña de azúcar.....	74
El cucacho, cornudo o cucarrón de invierno.....	74
El picudo rayado de la caña <i>Metamasius hemipterus sericeus</i> (Olivier) ...	75
El barrenador del tallo	76
Corazón muerto.....	77
Barrenador gigante de la caña de azúcar <i>Castnia</i> sp.....	78
Complejo simbiótico con la hormiga loca <i>Nylanderia fulva</i> Mayr, chupadores (<i>Sipha flava</i> , <i>Bemisia</i> sp., <i>Pulvinaria</i> sp.)	80
Salivazo (<i>Aeneolamia varia</i> F.)	81
Enfermedades de la caña de azúcar	81
Mancha de ojo: <i>Bipolaris (Helminthosporium) sacchari</i> var. Breda de Haan (Buttler)	83
Carbón: <i>Ustilago scitaminea</i> Sydow	84
Roya: <i>Puccinia melanocephala</i> H. Syd & P. Syd	86
Enfermedades causadas por bacterias.....	87
Raquitismo de la soca: <i>Clavibacter xyli</i> subsp. <i>xyli</i>	87

Enfermedades causadas por virus	87
Raya clorótica	88
Capítulo V	
Cosecha, corte, alce y transporte.....	90
Maduración y cosecha	90
Corte, alce y transporte	92
Corte	92
Alce	92
Transporte de la caña de azúcar para panela.....	93
Capítulo VI	
Manejo agroindustrial de caña de azúcar para la producción de panela en la hoya del río Suárez	96
Aspectos generales del trapiche	96
Proceso de elaboración de la panela	98
Etapas de producción de panela en la hoya del río Suárez.....	98
Capítulo VII	
Descripción de hornillas y tecnologías emergentes de la agroindustria panelera en desarrollo en la hoya del río Suárez	111
Hornilla panelera	111
Cámara de combustión.....	113
La parrilla	113
Cenicero	114
Pailas	116
Cachaceras	117
Ducto de humos	117
Chimenea	117
Tecnologías emergentes de la agroindustria panelera	118
Filtro de mangas.....	118
Evaporador múltiple efecto	119
Sistema eficiente para el transporte de caña por cable para producción de panela, válida en zonas de ladera	120
Capítulo VIII	
Indicadores económicos	122
Costos de producción.....	122

Mercadeo y comercialización.....	126
Problemas frecuentes del mercadeo y comercialización en la HRS	128
Capítulo IX	
Valoración de subproductos.....	129
Subproductos de la caña de azúcar para la producción de panela en la alimentación animal	129
El ensilaje.....	130
El melote	131
El bloque multinutricional	131
Los autores	135
Bibliografía	136

Lista de figuras

Figura 1	Mapa geográfico de la HRS.....	19
Figura 2	Limpeza del terreno	24
Figura 3	Lote con mulas acabando socas.....	25
Figura 4	Preparación con tracción animal.....	26
Figura 5	Preparación con tractor	27
Figura 6	Elaboracion de drenaje	28
Figura 7	Elaboracion de surcos en sentido contrario a la pendiente.....	29
Figura 8	Variedad RD 75-11	34
Figura 9	Variedad PR 61-632.....	35
Figura 10	Variedad CC 84-75.....	36
Figura 11	Variedad CC 85-47.....	37
Figura 12	Variedad CC 86-45.....	38
Figura 13	Variedad CC 85-92.....	39
Figura 14	Variedad CC 85-57.....	40
Figura 15	Variedad CC 91-1555	41
Figura 16	Variedad CC 93-7510	43
Figura 17	Variedad CC 93-714.....	46
Figura 18	Variedad CC 93-7711	47
Figura 19	Aplicación de fertilizantes a los 90 y 120 días	53
Figura 20	Abonado	54
Figura 21	Deficiencia de nitrógeno	56
Figura 22	Deficiencia de fósforo	56
Figura 23	Deficiencia de potasio.....	57
Figura 24	Cadillo.....	60
Figura 25	Cardo	61
Figura 26	Paico.....	62
Figura 27	Pega pega.....	63
Figura 28	Ortiga	63
Figura 29	Dormidera	64
Figura 30	Escobo	64
Figura 31	Junco	64
Figura 32	Pará.....	65
Figura 33	Yaragua.....	66
Figura 34	Guinea	66

Figura 35	Coquito	67
Figura 36	Cortadera	67
Figura 37	Estrellita	68
Figura 38	Helecho	68
Figura 39	Junquillo	69
Figura 40	Cucacho o cucarrón de invierno	75
Figura 41	Picudo rayado.....	76
Figura 42	A costado izquierdo, larva de diatraea sp; al derecho, afectación asociada a daño barrenador “muermo rojo”	77
Figura 43	Barrenador gigante	79
Figura 44	Complejo simbiótico con la hormiga loca.....	80
Figura 45	Mancha de anillo.....	82
Figura 46	Mancha de ojo.....	83
Figura 47	Pokka Boeng o cogollo retorcido	84
Figura 48	Látigo del carbón	85
Figura 49	Roya Puccinia	86
Figura 50	Corte de caña madura	90
Figura 51	Corte parejo.....	92
Figura 52	Alce de caña de azúcar en mulas	93
Figura 53	Remolque de caña	93
Figura 54	Transporte de caña en mulares.....	94
Figura 55	Transporte de caña en volqueta.....	94
Figura 56	Cargue de volqueta.....	95
Figura 57	Camion descargándolo con manila	95
Figura 58	Elaboración de panela, ajustado a las BPM	98
Figura 59	Apronte de caña	99
Figura 60	Almacenamiento de caña	100
Figura 61	Bagazo	101
Figura 62	Prelimpiador.....	102
Figura 63	Paila recibidora.....	103
Figura 64	Cal.....	104
Figura 65	Evaporación y concentración	105
Figura 66	Paila punteadora.....	106
Figura 67	Gaveras dispuestas en cuarto de batido y moldeo	107
Figura 68	Almacenamiento de panela	110
Figura 69	Esquema de una hornilla.....	111
Figura 70	Instalación de hornilla panelera (tradicional) de la HRS.....	112

Figura 71 Instalación de hornilla panelera (tipo Cimpa) de la HRS 112

Figura 72 Puerta para la alimentación del combustible a la hornilla 113

Figura 73 Cenicero 114

Figura 74 Cámara plana mejorada de una hornilla panelera..... 115

Figura 75 Cámara Ward de una hornilla panelera 115

Figura 76 Batería de concentración de hornilla panelera..... 116

Figura 77 Diseños de pailas utilizadas para la fabricación de panela 117

Figura 78 Chimenea de hornilla panelera 118

Figura 79 Filtro de mangas a presión 119

Figura 80 Evaporador múltiple-efecto para la producción de panela (hacienda Santa Bárbara, Suaita, Santander)..... 119

Figura 81 Transporte de caña por cable 121

Figura 82 Preparación de bloque multinutricional 132

Figura 83 Bloque multinutricional. 133



Lista de tablas

Tabla 1	Principales países productores de panela en el mundo.....	16
Tabla 2	Rendimiento anual de panela por hectárea en algunos departamentos	17
Tabla 3	Condiciones de suelo para el cultivo de caña de azúcar para la producción de panela	22
Tabla 4	Parámetros de identificación y de comportamiento agronómico de la variedad CC 91-1555 a los 15,36 meses (461 días) de edad del cultivo. Güepsa, Santander	42
Tabla 5	Aspectos industriales de la variedad CC 91-1555	42
Tabla 6	Parámetros de identificación y de comportamiento agronómico de la variedad CC 93-7510 a los 16,1 meses (483 días) de edad del cultivo. Güepsa, Santander	44
Tabla 7	Aspectos industriales de la variedad CC 93-7510	45
Tabla 8	Parámetros de identificación y de comportamiento agronómico de la variedad CC 93-714 a los 17,73 meses (532 días) de edad del cultivo. Güepsa, Santander	48
Tabla 9	Aspectos industriales de la variedad CC 93-714.....	48
Tabla 10	Parámetros de identificación y de comportamiento agronómico de la variedad CC 93-7711 a los 17,73 meses (532 días) de edad del cultivo. Güepsa, Santander	49
Tabla 11	Aspectos industriales de la variedad CC 93-7711	50
Tabla 12	Fertilización a la soca	53
Tabla 13	Herbicidas no selectivos en el cultivo de la caña de azúcar.....	70
Tabla 14	Herbicidas selectivos en el cultivo de caña de azúcar.....	70
Tabla 15	Herbicidas selectivos de hoja ancha utilizados en la HRS	72
Tabla 16	Productos surfactantes	73
Tabla 17	Requisitos fisicoquímicos de la panela	97
Tabla 18	Costos para el establecimiento de una hectárea en caña de azúcar para la producción de panela.....	123
Tabla 19	Costos adicionales de sostenimiento del cultivo luego del primer corte	124
Tabla 20	Costos de procesamiento de panela en la HRS.....	125
Tabla 21	Costos de comercialización asumida por los productores.....	127
Tabla 22	Costos de producción y utilidades	128

Agradecimientos

Los compiladores de este trabajo se permiten agradecer a los investigadores de Corpoica-Cimpa, Julio Ramírez, Óscar Mendieta y Orlando Insuasty; y de Corpoica El Nus, Juan Gonzalo López Lopera; a los profesionales de apoyo a la investigación (PAI), Ayda Fernanda Barona y Juan Carlos Lesmes, por el apoyo dado en la elaboración de este modelo de producción.



Introducción

Esta publicación es una recopilación de información actualizada proveniente de diversos estudios realizados en torno al manejo agronómico de la caña de azúcar y la producción agroindustrial de la panela, llevados a cabo en centros de investigación, universidades, agremiaciones y demás actores de la cadena productiva, que han desarrollado significativos avances tecnológicos en pro del desarrollo y sostenibilidad de este importante producto alimenticio. También se abarcan todos los componentes del cultivo y producción en distintos enfoques, desde la historia de la introducción del cultivo al país, pasando por la descripción de área geográfica, preparación del terreno, variedades, producción de semilla, siembra, prácticas culturales y proceso, hasta el mercadeo y comercialización de la panela como producto final.

Además, se hace hincapié en la importancia que esta agroindustria representa para el país, como aporte económico y social en el sector rural (fundamentado en la cantidad de empleo que este cultivo genera) y por su significativa participación en la dieta alimenticia de los colombianos, la producción de panela es considerada, según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, una de las primeras agroindustrias en cuanto a producción y rendimiento ya que se producen 990.908 toneladas de panela anuales (DANE 2016).

Así mismo, la hoya de río Suárez (HRS) es sin duda la zona productora de panela más desarrollada del país, con un sistema de producción intensivo en el que la caña se corta "por parejo". En el departamento de Santander los rendimientos de caña oscilan en 130 t/ha y los de panela alcanzan 11,0 t/panela/ha, mientras que en Boyacá alcanzan alrededor de 120 toneladas de caña y 10,5 t/panela/ha. La producción de panela en la HRS es de 481.845 t/año, equivalente al 30 % de la producción total del país (Incoder 2012).

En esta recopilación se describen también algunos de los resultados de los proyectos que están siendo desarrollados en la HRS para mejorar la producción de panela, como el de la producción de semilla de alta calidad desarrollada por Corpoica en su Centro de Investigación para el Mejoramiento de la Industria Panelera sede Barbosa (Cimpa). De este modo, el presente documento se define como un material de consulta no solo para los productores, sino para técnicos y demás interesados en el sector panelero de Colombia.

Capítulo I

Generalidades del cultivo de caña de azúcar para la producción de panela

La caña de azúcar es conocida a nivel mundial como una especie vegetal que posee características favorables para la explotación industrial (azúcar), como también semiindustrial y artesanal (panela), por lo que representa para un sin número de industriales y productores, en más de ocho departamentos del país, una alternativa productiva y económica que favorece el desarrollo agropecuario nacional.

Origen y distribución

La caña se origina en Nueva Guinea (Indonesia y Papua) hace más de 8.000 años. Arriba a Colombia a principios del siglo XVI y se siembra por primera vez en Santa María Antigua del Darién (hacia 1510) y posteriormente entra a Cartagena (1533) y a Buenaventura (1540) posteriormente arribó a la HRS, Chitaraque, San José de Pare, Vélez, Valle de Tenza, Guaduas y Chaguaní, entre otras regiones (Rodríguez 2008).

Descripción botánica y taxonómica

Su clasificación botánica según Carl Linneo (1753) es:

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Tribu: *Andropogoneae*

Género: *Saccharum*

Especies: *spontaneum* y *robustum* (silvestres), *edule*, *barberi*, *sinensi* y *officinarum* (domesticadas).

“Se puede decir, que las variedades cultivadas comercialmente pertenecen a la especie *Saccharum officinarum*, se les conoce como cañas nobles y son las que

actualmente se cultivan. Además, *Saccharum officinarum*, se considera que fue domesticada a partir de *S. robustum*" (Insuasty et al. 2003).

Situación actual del cultivo de caña de azúcar

En el mundo, tan solo 25 países producen panela, y Colombia es el segundo productor después de la India. Así, para el periodo 1998-2002, India participó con el 64 % de la producción mundial, mientras que Colombia lo hizo con el 13,9 %, concentrándose mayormente la producción mundial de panela en estos dos países (MADR 2006). Otros productores asiáticos son: Myanmar, Pakistán, China, Bangladesh y Filipinas (tabla 1).

Tabla 1. Principales países productores de panela en el mundo

País	1998	2002	Acumulado 1998-2002
India	8.404.000	7.214.000	42.448.000
Colombia	1.175.650	1.470.000	6.858.840
Pakistán	823	600	2.872
Myanmar	183	610	2.486
Bangladesh	472	298	2.145

Fuente: MADR (2006)

La producción de panela en Colombia ocupa el puesto 12 en la participación en el Producto Interno Bruto (PIB) agrícola, con el 3 %. Es la segunda agroindustria más importante después del café en generación de empleos. En superficie cultivada cuenta con 168.369 ha, con 81.362 unidades productivas y 23.000 trapiches.

Los principales departamentos productores de caña de azúcar para la producción de panela en Colombia son: Antioquia, Cundinamarca, Santander, Boyacá y Tolima, entre otros (MADS et al. 2002).

Según cifras de Fedepanela (2012), en área cultivada con caña de azúcar para la producción de panela, el departamento de Cundinamarca ocupa el primer lugar con 40.476 ha (22,76 %), seguido por Antioquia con 31.814 ha (17,88 %), Santander con 29.505 (16,59 %) y Boyacá con 14.000 ha (7,82 %).

En cuanto a los rendimientos de panela por hectárea anual los principales departamentos son Santander, seguido de Boyacá, Valle del Cauca, Huila y Nariño (tabla 2).

Tabla 2. Rendimiento anual de panela por hectárea en algunos departamentos

Departamento	Rendimiento (t/ha) de caña anual
Antioquia	4,9
Boyacá	12,5
Caldas	4,5
Caquetá	4,9
Cauca	4,7
Cesar	4,8
Cundinamarca	5
Huila	7,7
Nariño	7,4
Norte de Santander	4,5
Quindío	7,2
Risaralda	6,33
Santander	12,88
Tolima	5,64
Valle del Cauca	7,8
Otros departamentos	4,31
Rendimiento nacional	6,57

Fuente: Fedepanela (2012)

Capítulo II

Generalidades de la hoya del río Suárez

La hoya del río Suárez es hoy día la zona de producción de panela más importante del país, debido a múltiples factores socioambientales, entre los cuales se destacan su topografía, altitud sobre el nivel del mar —que favorece la producción de sacarosa al interior de los tallos— y la visión empresarial que poseen de forma general los productores de la zona. A continuación, se presenta la descripción de estas características.

Descripción del área geográfica

La HRS está ubicada en la cordillera oriental andina y el macizo de Vélez, constituida principalmente por la cuenca del río Suárez (figura 1), el valle del Roperó y la montaña santandereana. Esta región comprende municipios del noreste del departamento de Boyacá y del sur del departamento de Santander (DANE e IGAC 2005).

La HRS está conformada por 20 municipios, con un área de 526.500 ha, de los cuales 5 corresponden al departamento de Boyacá y 15 al departamento de Santander, así: al primero pertenecen los municipios de Chitaraque, Moniquirá, Santana, San José del Pare y Togüí; al segundo, Barbosa, Chipatá, Güepsa, La Paz, Puente Nacional, San Benito, Suaita, Vélez, Bolívar, El Peñón, La Belleza, Florián, Jesús María, Sucre y Guavatá (Incoder 2012). Otros municipios como San Gil, Valle de San José, Oiba, Páramo y Charalá, aunque no están en espacio geográfico de la HRS, sí están dentro su área de influencia.

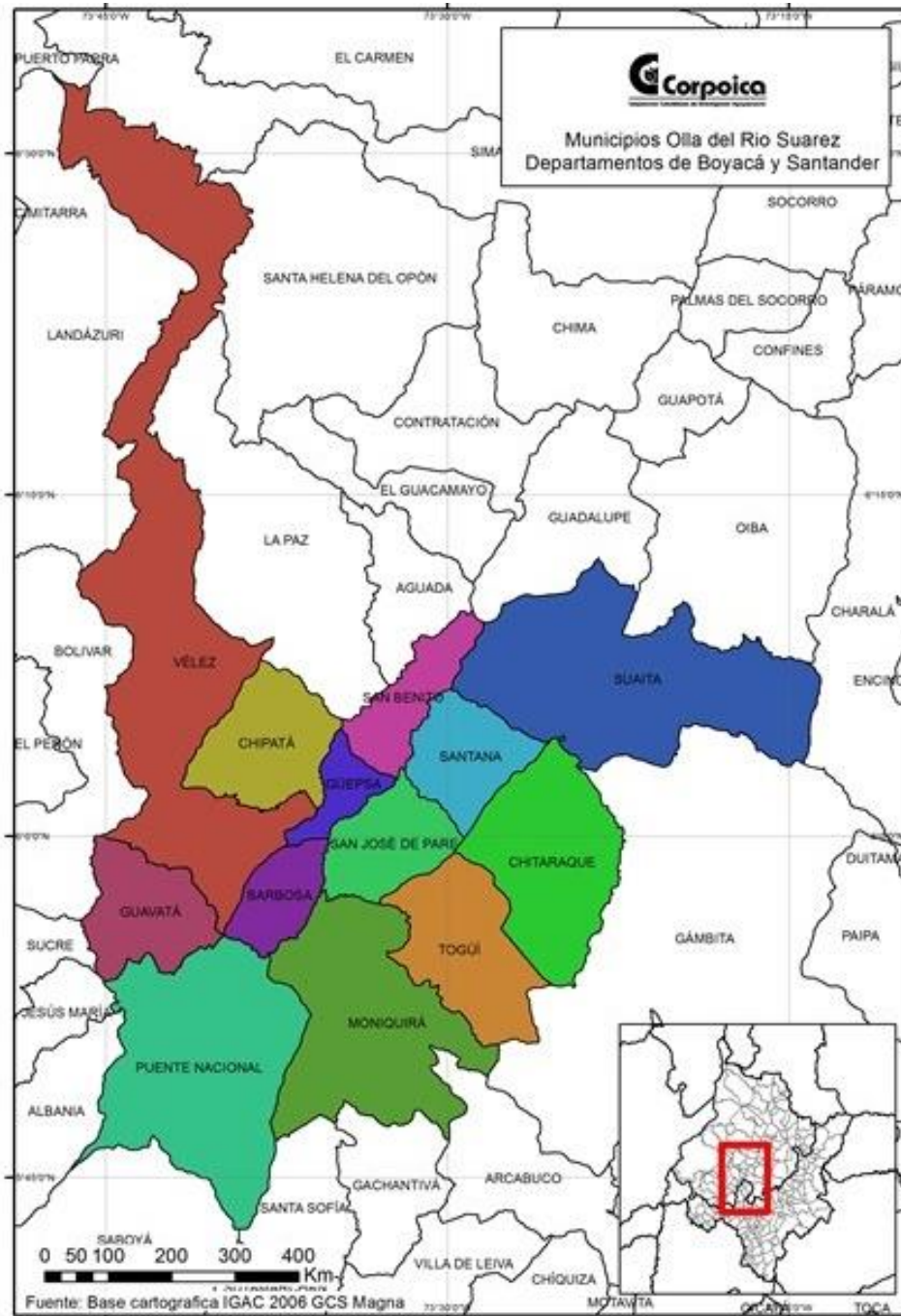


Figura 1. Mapa geográfico de la HRS.
Fuente: Elaboración propia

Clima

Según la clasificación climática Holdridge-IGAC la mayor parte de la HRS pertenece al piso altimétrico medio o templado. Esta franja pertenece al clima bosque premontano, medio muy húmedo, con un promedio anual de precipitación de 2.200 mm, y con una humedad relativa promedio de 78 %, evaporación de 627 mm/año, brillo solar de 5,41 horas/día y temperatura promedio anual de 22 °C, con acentuadas diferencias entre el día y la noche, que en algunas zonas supera los 10°C (IGAC 2003; DANE e IGAC 2005). Las lluvias se caracterizan por tener una distribución bimodal a lo largo del año: el primer período húmedo va desde marzo hasta junio, y el segundo, entre septiembre y noviembre, siendo mayo y octubre los meses con mayor precipitación (290 y 267 mm, respectivamente) (IGAC 2003; DANE e IGAC 2005).

La época más seca comprende los meses de diciembre (92 mm) y enero (65 mm). El balance hídrico muestra que en la región se presentan excesos de humedad casi todo el año, con excepción de enero en los que se presenta un déficit muy ligero (Incoder 2012).

La HRS presenta un fenómeno microclimático considerado como único en el mundo, con siete microclimas en menos de 24 horas, lo que hace que la concentración de sacarosa en la caña sea mucho más alta que la del promedio nacional (Agencia de Noticias UN 2013).

Relieve

La HRS cuenta con un relieve de moderado a fuertemente quebrado, con variaciones de pendientes que van desde el 12 % hasta el 50 %; además, el terreno es muy propenso a movimientos de remoción en masa o desplazamiento de grandes volúmenes de material superficial de ladera abajo (a favor de la pendiente), por acción directa de la fuerza de la gravedad, catalogándolo en una cuestión que ha venido cobrando particular interés en materia de riesgo, amenaza y vulnerabilidad ambiental (IGAC 2003; DANE e IGAC 2005).

Los suelos de la HRS van de profundos a muy superficiales y son pedregosos; también se destacan saturaciones de aluminio mayores al 60 % y drenajes que van

de medios a moderados. Todo esto se presenta porque la mayoría de las texturas son arcillosas, favoreciendo así una reacción ligera a extremadamente ácida, con fertilidad que varía entre alta y baja dependiendo de la zona (IGAC 2003; DANE e IGAC 2005). Los cultivos en esta zona se ubican principalmente en las laderas de las montañas, lo que dificulta la mecanización de la mayoría de los suelos y el transporte de la caña hacia los trapiches para ser procesada (Incoder 2012).

Suelos

Los suelos de la HRS se originaron por la acumulación de materiales o rocas de diversos tamaños, que han sido transportados por el agua, bajo la influencia de la fuerza de la gravedad. Se les encuentra en diferentes posiciones, desde unidades pequeñas, en las partes más elevadas, hasta unidades grandes en los valles intramontanos. Los principales agentes responsables del modelado, transporte y acumulación de estos materiales son el hielo, el agua y el viento, este último responsable del transporte de las cenizas volcánicas, producto de las erupciones ocurridas sobre la cordillera Central (DANE e IGAC 2005). Los suelos mantienen cultivos de caña de azúcar en grandes extensiones para la producción de panela, guayaba y cultivos de subsistencia (maíz, yuca, plátano, café), así como ganadería extensiva con pastos naturales.

Los suelos Chromic Hapluderts (perfil PB-55) se localizan, principalmente, en zonas planas o semiplanas. Son suelos profundos con mal drenaje natural; su reacción química es de ligeramente ácida a neutra (pH 6,1-7,3), capacidad de intercambio catiónico moderada a alta, saturación de bases alta y contenidos de calcio altos. La fertilidad natural es alta y es más común localizarlos en la zona correspondiente al valle del Roperero en el departamento de Santander, conformada por los siguientes municipios: Vélez, Chipatá, Guepsa; San Benito

Los suelos Typic Dystrudepts (perfil PB-82) se localizan de preferencia en las cuevas y son suelos muy superficiales limitados por niveles tóxicos de aluminio, bien drenados, de reacción fuertemente a ligeramente ácida (pH 5,1-6,0), capacidad de intercambio catiónico alta y saturación de aluminio mayor del 60 %. La fertilidad natural es baja, topografía fuertemente ondulada a ligeramente escarpada; el cultivo de caña de azúcar para la producción de panela se adapta bien a estos suelos, pero se hace necesario utilizar prácticas culturales como

fertilización y enclamiento. Este tipo de suelos es más común encontrarlos en los municipios que hacen parte del departamento de Boyacá.

De acuerdo con lo mencionado, se debe tener en cuenta que la caña para producción de panela se puede desarrollar bien en suelos con pH entre 5,5 y 7,5 (tabla 3). No obstante, donde se cultivan grandes extensiones el pH oscila entre 4,1 y 5, catalogado como muy ácido, razón por la cual es necesario aplicar correctivos para crearle al cultivo condiciones óptimas de desarrollo.

Tabla 3. Condiciones de suelo para el cultivo de caña de azúcar para la producción de panela

Concepto	Excelente	Buena	Regular	Inadecuado
pH	6,5 – 7,2	5,5 – 6,5	4,5 – 5,5	>7,2 - 4,5
	Alto	Medio	Bajo	
Materia orgánica (%)	5% o más	3 – 5%	< 3%	
Fósforo (ppm)	>20	10 – 20	< 10	
Potasio (Meq/100 g)	>0,6	0,3 – 0,6	< 0,3	
Calcio (Ca) Meq/100g	>3,0	1,5 – 3,0	< 1,5	
Magnesio Meq/100g	>1,5	0,5 – 1,5	< 0,5	

Fuente: Osorio 2007

Capítulo III

Manejo agronómico de caña de azúcar para la producción de panela en la hoya del río Suárez

El proceso productivo para la elaboración de panela requiere una serie de etapas fundamentales que se denominan manejo agronómico y que busca en síntesis generar resultados para el sostenimiento del sistema productivo.

Sistema de siembra

El sistema de siembra en la HRS se puede definir como una estandarización de sistemas que diversas instituciones han validado y concertado con los productores de la zona.

Las distancias de siembra entre surcos son de 1,3 a 1,5 m, y entre plantas 0,4 m, en chorrillo, tratando de garantizar tres a cuatro yemas por sitio (Manrique 2000). Se recomienda para el cultivo de caña que en zonas por debajo de 600 msnm la siembra se establezca a 1,5 m entre surcos, mientras que en altitudes entre 600-900 msnm sea a 1,4 m y en zonas por encima de los 900 msnm, se haga a 1,3 m (Manrique 2000).

Las épocas de siembra se ajustan a los periodos de lluvia bimodal que existen en la región y se concentra entre los meses de marzo y mayo (la más fuerte), y de octubre y diciembre (IGAC 2003; DANE e IGAC 2005). La cantidad de semilla requerida para una siembra tradicional por hectárea en promedio oscila entre ocho y nueve toneladas. Con los avances tecnológicos, Corpoica promueve el establecimiento de semilleros que generen plántulas para siembra, de las cuales se requieren 12.820 por hectárea.

Adecuación de tierras

Esta práctica contribuye al incremento de la productividad mediante el mejoramiento del sistema de producción del cultivo. Comprende principalmente la

planificación, limpieza y preparación del terreno, así como la construcción de drenajes y caminos para la movilización de la caña cortada; por tanto, la adecuación depende de múltiples factores tecnológicos y culturales. A continuación, se describen las generalidades de este proceso para la HRS.

Limpieza del terreno

En la HRS, se destinan lotes nuevos, en descanso o provenientes de socas. Antes de realizar alguna labor con maquinaria, bueyes o azadón, se realiza una limpieza del terreno de materiales como leña, troncos, rastrojo, residuos de cosecha y socas, y se hacen quemas generalizadas o localizadas (figura 2), ocasionando el aumento en la degradación del suelo y provocando la no sostenibilidad en el tiempo.



Figura 2. Limpieza del terreno.

Las quemas traen como consecuencia el desequilibrio poblacional de insectos y el aumento de la demanda por enmiendas, fertilizantes de síntesis química y un mayor número de controles químicos para las malezas (Gómez 2007), que crecerán por unidad de área con el aprovechamiento de los minerales que proporcionan las quemas de material vegetal.

Vale la pena mencionar que, gracias al control e información ambiental divulgada por algunas instituciones como Fedepanela, CAR y Umata, a través de sus programas de asistencia técnica, se ha generado un aumento en la consciencia ecológica por parte de algunos productores, situación que ha permitido que las quemas hayan disminuido notablemente en los últimos años en varios municipios, entre ellos, San José de Pare, Santana, Moniquirá.

Cuando el lote es para renovación de cultivo, se recurre al “pastoreo” de mulas durante cuatro a seis meses, siempre y cuando exista disponibilidad de tiempo (figura 3), ya que estos mulares son eficientes en el agotamiento de las socas viejas y degradación de hojarasca (residuo de la cosecha), permitiendo implementar un manejo posterior con herbicidas no selectivos, que garanticen la eliminación de las socas, malezas y residuos. No obstante, cuando las socas son tiernas, el solo manejo con herbicida es suficiente.



Figura 3. Lote con mulas acabando socas.

Preparación del suelo

Existen dos sistemas para la preparación del suelo: tracción animal y mecanizada. Al momento de decidir cuál de las dos utilizar, el productor debe analizar aspectos como la disponibilidad de tiempo y dinero, así como la fragilidad del suelo y topografía del terreno.

Preparación animal

Este tipo de preparación se utiliza en lotes no mecanizables y lotes en descanso previamente manejados. Para facilitar la actividad, se utiliza el arado de vertedera (figura 4), cuyo número de pases depende del tipo de suelo, de la profundidad de siembra y de los residuos de vegetales y malezas que haya necesidad de desmenuzar para una mejor descomposición.



Figura 4. Preparación con tracción animal.

La repetición de esta práctica con arado diferente pases deja el suelo bien mullido y en condiciones físicas adecuadas que favorecerán el desarrollo vegetativo del cultivo de caña.

Cuando se presentan capas impermeables (compactas) cerca de la superficie, es necesario el subsolado para romperlas y fomentar el enraizamiento profundo. Hay dos opciones básicas para la preparación del terreno:

- Hacer primero un pase o rayado para luego hacer un segundo o tercer pase o cruzada, empleada muchas veces en lotes en los que se pretende renovar socas viejas.
- Hacer un rayado o hechura del surco para sembrar la caña. Esta última opción es rápida, pero demanda el oportuno control de malezas y el eficiente tapado de la semilla; si esto no ocurre, se presentarán pérdidas significativas en el brotamiento de la semilla.

Preparación mecanizada

Este sistema se utiliza para lotes con bajo grado de inclinación, que no supera los 25 grados de pendiente y un porcentaje de humedad de alrededor del 50 %. Para ello, se implementa un arado de disco, usado en condiciones de menor pedregosidad y donde no es necesaria la preparación a mayor profundidad, o uno de vertedera, que presenta mayor profundidad de trabajo, en lotes con mayor pedregosidad y con altos contenidos de arena (figura 5).



Figura 5. Preparación con tractor.

La remoción del suelo con el arado destruye o expone a la acción del sol los hospederos o focos de plagas en los diferentes estados (huevos, larvas y adultos), e inclusive patógenos que afectan el buen desarrollo de las plantas, lo cual es un complemento al control cultural de plagas y enfermedades (Manrique 2000).

Drenaje

Pese a que la caña presenta cierta tolerancia a las inundaciones, el exceso de agua puede ocasionar pérdidas en la emergencia de las plantas y al momento del macollamiento, etapas críticas del cultivo. El adecuado drenaje del suelo (figura 6) es indispensable para que exista equilibrio entre el agua retenida (agua capilar) y el aire del suelo. Los problemas que ocasiona el encharcamiento prolongado en un terreno son (Carretero et al. 2002):

- Las raíces de las plantas no respiran y, por tanto, el desarrollo del cultivo es imposible.

- La falta de oxígeno en un suelo encharcado origina acumulación de elementos tóxicos para la planta, como nitritos, sulfuros y otros iones.
- El enraizamiento es superficial, por lo que la planta se expone a una sequía.
- Las operaciones de laboreo son difíciles, por lo que la siembra se realiza en peores condiciones.
- Hay empobrecimiento del suelo debido al lavado de minerales.



Figura 6. Elaboración de drenaje.

Antes de la siembra, se debe establecer un drenaje recolector principal de los subcanales recolectores, los cuales pueden ser un poco más superficiales que el principal (30 cm). En algunos terrenos pendientes se tiene un sistema de reducción de la velocidad del agua (piedras, trinchos), para que no se desborde ni arrastre el suelo.

Surcado

Los surcos se trazan una vez preparado el suelo (figura 7), ya sea con bueyes, tractor, azadón o pica. Buscando que el trazo conserve la distancia entre surcos, la mayoría de productores suelen hacerlo con azadón, usando como guía marcaciones hechas previamente con cal. La medida de la distancia entre surcos se hace con dos varas acostadas en cada extremo, en donde se ubica la cuerda para marcar con la cal; detrás vendrán los trabajadores surcando por la guía.

En suelos de laderas y en regiones lluviosas, los surcos se orientan en curvas a nivel o a través de la pendiente, para que la hilera de cepas de caña forme una barrera natural a la escorrentía, evitando así problemas de erosión de suelo, destape de semilla, volcamiento de plantas y pérdidas en el abonamiento.



Figura 7. Elaboración de surcos en sentido contrario a la pendiente.

Los surcos van desde 1,20 m a 1,30 m, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar, puesto que a mayor altura menor debe ser la distancia entre surcos, de manera que se aproveche en forma eficiente la radiación solar, se caliente un poco más el suelo y se estimule el desarrollo del cultivo (Manrique 2000). La profundidad del surco es de 0,20 a 0,30 m, con un ancho de 0,30 m. Esta labor se efectúa con surcadores, si se dispone de maquinaria, o manualmente, con pica y azadón.

Materiales genéticos

El mejoramiento genético en caña de azúcar para la producción de panela está orientado a la caracterización y adaptación de variedades de alto rendimiento y agroindustrialmente deseables, así como a las condiciones de manejo de diversas zonas paneleras como la de la HRS. Sin embargo, el sector panelero no tiene ninguna entidad que realice el programa de mejoramiento genético y los avances en este sentido parten de la selección de materiales favorables para la producción panelera, a partir de los materiales generados por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar en Colombia (Cenicaña). Un nuevo material genético, al menos

para el sector panelero, debe garantizar los siguientes aspectos: incrementos en los rendimientos; mejoramiento en la calidad de la panela; posibilidad de nuevos usos y presentaciones de productos; reducción de los ciclos de producción; disminución de los problemas fitosanitarios, y disminución de costos de producción (Insuasty et al. 2003).

Variedades

Conocer las variedades, sus características productivas y su adaptación, facilitan la comprensión del sistema productivo, ayuda a la toma de decisiones y orienta el manejo del cultivo. Una variedad de caña deseable para las condiciones de la HRS, como se dijo anteriormente, debe responder favorablemente a las condiciones ambientales, así como a las necesidades de los productores de panela, los trabajadores de campo y los operarios de fábrica o trapiches de esta región.

Las variedades de caña actualmente cultivadas en la HRS y el resto del país provienen en gran parte de los híbridos introducidos desde hace años de otros países y de su adaptación y mejoramiento genético, realizado principalmente por Ceñicaña. Las introducciones más importantes provienen de las siguientes zonas: Java (POJ), Barbados (B), Hawai (H), Puerto Rico (PR), India (CO, Coimbatore), Estados Unidos de América (CP), Venezuela (V), Brasil (SP, CB), República Dominicana (RD) y Cenicaña Colombia (CC) (Insuasty et al. 2003). Estudios socioeconómicos en la HRS y otras zonas del país, realizados por Rodríguez (2008), concluyeron que la adopción de las variedades mejoradas de caña está directamente relacionada con el número de aparceros que trabajan en la finca, los años de experiencia en producción de panela y el establecimiento de semilleros de caña para su propagación. Así mismo, dicha adopción se encuentra en relación inversa al área sembrada en caña que maneja directamente el dueño de la finca.

Es importante tener en cuenta que la variedad de caña más difundida en la HRS es la RD 75-11; sin embargo, con los recientes resultados de investigación y adaptación de variedades para estas zonas realizado por Corpoica-Cimpa, el registro se amplía favorablemente con la entrega de dos nuevas variedades: la CC 9377-11 y la CC 9375-10, que hasta la fecha han tenido muy buenos resultados en los diversos aspectos productivos y ambientales requeridos para la zona.

Características morfológicas y comportamiento agronómico de la caña en condiciones de campo

El tallo. El número, diámetro, color y el hábito de crecimiento dependen de la variedad. La longitud de los tallos en gran parte dependerá de las condiciones ambientales de la zona y del manejo agronómico que se le dé a la variedad. En zonas de ladera, el volcamiento de tallos se constituye en limitante, sobre todo cuando al tenderlos presentan destroncamiento del sistema radicular, aspecto que tiende a ser todavía más limitante en suelos de texturas livianas (Insuasty et al. 2003).

El entrenudo. Es la porción del tallo localizada entre dos nudos. El diámetro, color, forma y longitud cambian con la variedad. El color es regulado por factores genéticos, cuya expresión puede ser influenciada por condiciones del medio ambiente y en especial por la exposición directa a la luz (Insuasty et al. 2003).

La flor. Regularmente para la mayoría de cultivos, la floración ocurre cuando las condiciones ambientales de fotoperiodo, temperatura, disponibilidad de agua y niveles de nutrientes en el suelo son favorables. Sin embargo, en el cultivo de caña para panela, se busca que no haya una floración generalizada, ya que esto afecta la concentración de sacarosa y, por tanto, los rendimientos finales de panela. En ese sentido, se desarrolló una escala de clasificación de la floración que se define así: abundante, mediana, escasa y ausente, que puede presentarse de forma temprana o tardía, según la variedad y las condiciones agroclimatológicas que se presenten en las zonas de desarrollo del cultivo. En la HRS, las variedades predominantes son: RD 7511, PR 61-632, CC 84-75, CC 85-47, y POJ 28-78.

Floración temprana. En regiones con variedades que presentan periodos vegetativos superiores a 15 meses de edad del cultivo, la floración temprana se considera cuando se da antes de los 12 meses de edad de la plantación. Por lo general, se suele presentar por diversas razones como fertilización desbalanceada, variabilidad climática extrema, entre otras. Esta floración se da entre 3 y 5 meses antes de que el cultivo haya alcanzado su madurez fisiológica para cosecha, lo que afecta directamente la concentración de sacarosa y el incremento de azúcares reductores en los jugos.

Floración tardía. De igual manera, en regiones con variedades que presentan periodos vegetativos superiores a los 15 meses de edad del cultivo, la floración suele presentarse en el último mes o muy próximo a la cosecha por lo cual es denominada *tardía*, lo cual no afecta la concentración de sacarosa en los jugos (Insuasty et al. 2003).

El manejo agronómico es otro factor que puede inducir o reducir el porcentaje de floración. El dominio y el conocimiento de la adaptabilidad y expresión genética a diversos rangos altitudinales [definidos como la altura sobre el nivel del mar (asnm)] de las diferentes variedades, disminuyen los riesgos de floraciones tempranas. Por otra parte, se puede presentar una floración tardía cuando se dejan sobremadurar las cañas acción que sucede cuando se toma la decisión de generar retrasos en la cosecha para obtener mejores precios en épocas de crisis panelera, también se puede presentar una floración por no disponibilidad de trapiche para maquilar o falta de personal para trabajar en la molienda.

Características deseables en variedades de caña de azúcar para la producción de panela

Las características agronómicas y agroindustriales más importantes que deben reunir las variedades de caña para la producción de panela se clasifican en: básicas y secundarias o complementarias.

Las básicas se refieren a:

- Altos tonelajes de caña por unidad de superficie (TCH).
- Resistencia a plagas y enfermedades de importancia económica (% de infestación e infección).
- Amplio rango de adaptación a diferentes agroecosistemas (msnm, temperatura, precipitación, suelo, topografía y brillo solar).
- Jugos con alto contenido de sacarosa, fáciles de clarificar y que den panela de buena calidad (grados Brix).
- Alto porcentaje de extracción de jugos en el molino (% de extracción).
- Alto porcentaje de conversión a panela (% de conversión a panela).

Por su parte, las características secundarias o complementarias se refieren a:

- Resistencia al volcamiento (% de plantas volcadas).
- Baja o nula floración (% de floración).

- Resistencia a sequía (desarrollo vegetativo).
- Eficiencia en el corte, alce manual y transporte (rendimiento en el corte, alce y transporte).
- Resistencia a la inversión de sacarosa después del corte (% de azúcares reductores).
- Resistencia al pisoteo de mulas, evaluada en rebrotes.
- Cantidad de ciclos productivos viables económicamente (Insuasty et al. 2003).

Variedades de azúcar para la producción de panelas cultivadas en la hoya del río Suárez y otras zonas paneleras del país a través del tiempo

Variedades pioneras en Colombia. Criolla, Otaheite, Morada, Cristalina, POJ 2878, POJ 2714, POJ 2961, EPC 48-863, EPC 48-859, Co 421, PR 1059, CP 38-34, H 507209 Azul Casagrande, PR 980, H 38-2915, H 371933, B 49-119 y PR 1048.

Variedades actualmente cultivadas en la HRS. RD 75-11, PR 61-632, CC 84-75, CC 85-47, CC 86-45, CC 85-92, CC 85-57 y POJ 28-78.

Variedades actualmente cultivadas en el resto del país. RD 75-11, PR 61-632, CC 84-75, CC 85-47, CC 86-45, CC 85-92, CC 85-57, POJ 28-78, POJ 27-14, MZC 74-275, CO 421, CO 419, CP 57-603, PR 11-41, H-50-7209, ICA 70-36, ICA 69-11, M 336X, PR 980, My 54-65, PR 67-1070, MX 64-1487 y CC 85-23.

Descripción de variedades

A continuación, se describen algunas variedades de caña de azúcar para panela que se cultivan en la HRS; se aclara, sin embargo, que para mayor detalle de las descripciones se debe consultar el *Catálogo de variedades de caña de azúcar* de Cenicaña (Viveros et al. 2013).

Variedad RD 75-11

En esta variedad, el porcentaje de conversión a panela puede llegar a 12,5 % a escala comercial (figura 8). Es originaria de República Dominicana; sus tallos largos, reclinados y curvos son medianamente gruesos, de color amarillo verdoso, con entrenudos largos, cilíndricos y cubiertos con cerosina.



Figura 8. Variedad RD 75-11.

Su hábito de crecimiento es semierecto, con hojas largas y angostas, y puntas dobladas, de color verdeamarillento; no tienen pelusa; presenta buen macollamiento, aunque no buen deshoje natural. Tiende a la floración especialmente en aquellos nichos con alta nubosidad y bajo brillo solar; en este sentido, una fertilización inadecuada y deficiente, en materia orgánica, nitrógeno y fósforo, puede inducir e incrementar el nivel de floración. La RD 75-11 se comporta mejor en alturas entre los 1.400 y los 1.800 msnm, en suelos con topografía ondulada. Su maduración es semitardía y es muy estable en este proceso.

Esta variedad es resistente al virus del mosaico, a la raya clorótica, a la roya, al carbón, al raquitismo de las socas y a la escaldadura de las hojas. Pero, por ser una variedad blanda, es atacada con facilidad por barrenadores del tallo, aunque con buenas prácticas agrícolas (BPA) tales como densidades de siembra, desyerbas oportunas, momentos óptimos de cosecha y un plan adecuado de manejo de fertilidad del suelo, se puede disminuir la susceptibilidad a este insecto plaga. Así mismo, con esta variedad el índice de conversión a panela puede llegar al 12,5 % a escala comercial, lo cual ofrece excelentes posibilidades para la obtención de nuevas presentaciones del producto, como panela instantánea, granulada, en pastillas, en panelines, redonda y en cubos. Los jugos son de fácil clarificación y las mieles son de excelente calidad. Es altamente productora de biomasa y la palma obtenida al momento del corte es abundante y de buena calidad; suele utilizarse en alimentación animal por ser buena productora de cachaza.

Variedad PR 61-632

Originaria de Puerto Rico, esta variedad tiene tallos erectos, porte alto (altura promedio de corte de 2,21 m) y color morado, con entrenudos largos (9,1 cm), gruesos y cubiertos de cerosina (figura 9).



Figura 9. Variedad PR 61-632.

Sus hojas tienen puntas erectas y son de color verde natural que se torna amarillento a medida que envejecen. Presenta buena germinación, crecimiento lento en sus primeros estados de desarrollo y floración temprana en algunas zonas paneleras. Su producción promedio por hectárea es de 145,7 t y rendimientos en producción de panela de 16,46 t. Presenta resistencia combinada a enfermedades de importancia económica como el carbón, la roya, el mosaico, el raquitismo de las socas y otros complejos fungosos. La limpieza de los jugos presenta mayor dificultad: en el proceso de extracción es una caña de consistencia dura, de buena producción de biomasa. Con BPA en el proceso se logra de 55 a 60 %. Además, es resistente al pisoteo en el cultivo.

Variedad CC 84-75

Esta variedad es originaria de Cenicaña, en el Valle del Cauca, Colombia (figura 10), cuyo porcentaje de conversión a panela puede llegar a un 12,55 % a escala comercial. Sus tallos son largos, erectos, rectos, delgados, de color morado claro cuando están jóvenes y violáceo verdoso al madurar. Su hábito de crecimiento es erecto; las hojas poseen un color verde intenso y poca pelusa, tendiente a rala;

además, presenta buen macollamiento y deshoje natural. Los tallos presentan rajadura de corteza y tienden a inclinarse.



Figura 10. Variedad CC 84-75.

La CC 84-75 se comporta bien en una gama extensa de formaciones de suelos, pues tolera suelos ácidos con alta saturación de aluminio. La germinación es excelente, su crecimiento vigoroso y la floración casi nula. Es resistente a las enfermedades de carbón (*Sporisorium scitamineum*), roya (*Puccinia melanocephala*) y mosaico; además, es altamente resistente al raquitismo de las socas, pero susceptible a la escaldadura de las hojas (*Xanthomona albicans*), al diatraea (*Diatraea* spp.) y medianamente susceptible al pulgón amarillo (*Sipha flava*).

De maduración semiprecoz, pero con buena concentración de sacarosa, esta variedad produce jugos y panela de buena calidad, así como mieles de excelente viscosidad y color; también ofrece buenas posibilidades para la obtención de nuevos usos y otras presentaciones del producto, como panela instantánea, panela granulada, pastilla o cubos. En el campo, se caracteriza por producir altos volúmenes de biomasa aprovechables en el proceso agroindustrial y alimenticio. Se comporta bien en alturas entre 1.000 y 1.600 msnm y en topografías pendientes; su hábito de crecimiento es erecto y no tiene problemas de volcamiento.

Variedad CC 85-47

Esta variedad es producida por Cenicaña, en el Valle del Cauca, Colombia (figura 11). Su porcentaje de conversión a panela puede llegar a 12,5% a escala

comercial. Su macollamiento es bueno, con 12 a 14 tallos por cepa, y presenta un deshoje natural bueno y fácil. Los tallos son largos, erectos, gruesos, de color amarillo-grisáceo y ligeramente curvados, que pueden sobrepasar los 3,5 m de longitud; cuenta con entrenudos largos, abarrilados y cubiertos con cerosina. Su hábito de crecimiento tiende a ser erecto.



Figura 11. Variedad CC 85-47.

Los tallos no presentan rajadura de corteza y se inclinan con tendencia moderada al volcamiento. Cuenta con hojas medianamente largas, angostas, erectas y rígidas, de textura gruesa, con bordes finos, de color verde claro; su nervadura central es de color blanco, y en su yagua no contiene pelusa. La aurícula es inclinada. La yema es de tamaño mediano, de forma obovada y prominente; su posición es sentada y toca ligeramente el anillo de crecimiento; no posee canal de yema. El poro germinativo es ligeramente centrado. El nudo tiene anillo de crecimiento ancho y prominente. La banda de raíces es ancha y deprimida, con tres líneas de primordios radicales. El anillo ceroso es bien definido.

Variedad CC 86-45

Esta variedad fue producida por Cenicaña, en el Valle del Cauca, Colombia (figura 12). El porcentaje de conversión a panela puede llegar a 12,0 % a escala comercial; su macollamiento es bueno, con 12 a 14 tallos por cerosina; su hábito de crecimiento es reclinado. Cuenta con hojas largas, angostas, erectas y rígidas,

de textura delgada, de bordes finos, de color verde normal, con nervadura central de color blanco, y en su yagua no contiene pelusa. La aurícula es recta.



Figura 12. Variedad CC 86-45.

La yema es de tamaño mediano, de forma triangular, ligeramente achatada; su posición es sentada y sobrepasa el anillo de crecimiento, con canal de yema. El poro germinativo es apical. El nudo tiene anillo de crecimiento angosto y prominente. La banda de raíces es ancha y prominente, y posee tres líneas de primordios radicales. El anillo ceroso es bien definido.

Variedad CC 85-92

Esta variedad fue producida por Cenicaña, en el Valle del Cauca, Colombia (figura 13). El porcentaje de conversión a panela puede superar el 12% a escala comercial; su macollamiento es bueno con 10 a 13 tallos por cepa y presenta un deshoje natural bueno y fácil. Los tallos son medianamente largos y pueden alcanzar hasta 3,5 m de longitud; además, son reclinados, curvados, gruesos, de color morado a la sombra y amarillo morado al sol, con entrenudos largos, curvados y cubiertos con cerosina; su hábito de crecimiento es reclinado y curvado.



Figura 13. Variedad CC 85-92.

Los tallos de la CC 85-92 no presentan rajadura de corteza y son tolerantes al volcamiento. Cuenta con hojas largas, angostas, erectas y con las puntas dobladas, de textura gruesa con bordes finos; es de color verde normal y su nervadura central es de color blanco; en su yagua contiene pelusa escasa y rala. La aurícula es deltoides. La yema es de tamaño mediano, de forma orbicular y protuberante, con posición sentada y sin tocar el anillo de crecimiento; no posee canal de yema. El poro germinativo es apical. El nudo tiene anillo de crecimiento ancho y prominente. La banda de raíces es ancha y deprimida, con tres líneas de primordios radicales. El anillo ceroso es bien definido.

Variedad CC 85-57

Esta variedad fue producida por Cenicaña, en el Valle del Cauca, Colombia (figura 14). El porcentaje de conversión a panela puede superar el 12% a escala comercial; su macollamiento es bueno con 12 a 14 tallos por cepa y presenta un deshoje natural muy bueno y fácil.



Figura 14. Variedad CC 85-57.

Los tallos de la CC 85-47 son medianamente largos y pueden alcanzar hasta 3,5 m de longitud; además son erectos, rectos, gruesos, de color verde-amarillo, con entrenudos medianamente largos, curvados y cubiertos con cerosina. Además, no presentan rajadura de corteza y son ligeramente susceptibles al volcamiento. Cuenta con hojas de longitud mediana, ancha, erecta y rígida, de textura gruesa con bordes finos, de color verde normal, con nervadura central de color blanco y en su yagua no contiene pelusa. La aurícula es inclinada. La yema es de tamaño grande, de forma ovalada y prominente; su posición es sentada y toca ligeramente el anillo de crecimiento, con canal de yema. El poro germinativo es apical. El nudo tiene anillo de crecimiento ancho y constreñido. La banda de raíces es ancha y deprimida, y posee tres líneas de primordios radicales. El anillo ceroso es bien definido.

Nuevas variedades disponibles en la hoya del río Suárez

Mediante la sexta introducción de 15 variedades de caña de azúcar traídas desde Cenicaña (Valle del Cauca), desarrolladas por Corpoica Cimpa entre los años 2008 y 2011, para evaluación, adaptación a condiciones y producción de panela para la HRS, se definieron cuatro nuevas variedades que fueron muy sobresalientes después de las pruebas regionales en condiciones de diferentes nichos agroecológicos. De estas a continuación se realizará una descripción más amplia que las variedades tradicionales mencionadas anteriormente.

Variedad de caña CC 91-1555

Los progenitores de esta variedad son CP 59-73 x MZC 81-78, y fue desarrollada por Cenicaña, en el Valle del Cauca, Colombia (figura 15).



Figura 15. Variedad CC 91-1555.

Presenta tallos medianos con crecimiento erecto, rectos, delgados y de color amarillo. El anillo de crecimiento es angosto y constreñido, con cuatro líneas primordiales y cicatriz foliar mediana. La yema es de forma triangular-ovalada y prominente, y toca ligeramente el anillo de crecimiento, con el poro germinativo en posición apical.

El entrenudo es cilíndrico y el anillo ceroso está muy bien definido; no presenta rajadura de corteza y el canal de yema está presente. Las hojas son largas, medianamente anchas, dispuestas en los tallos de forma erecta y con las puntas dobladas, de color verde normal, con textura delgada y bordes finos; es de fácil deshoje natural, y con contenido abundante de pelusa; la nervadura central es de color blanco y las aurículas son inclinadas (tablas 4 y 5).

Tabla 4. Parámetros de identificación y comportamiento agronómico de la variedad CC 91-1555 a los 15,36 meses (461 días) de edad del cultivo. Güepsa, Santander

Aspectos agronómicos	Descripción
Deshoje natural	Fácil
Volcamiento de tallos	No
Floración	Ausente
Rajadura de corteza	No
Presencia de lalas o chulquines	No
Contenido de pelusa	Abundante
Altura promedio de planta, m	2,85
Diámetro de tallo (cm)	2,93
Longitud de entrenudo (cm)	10,61
Índice de crecimiento (cm/mes)	18,55
Índice de crecimiento (entrenudos/mes)	1,76
Tallos molederos al momento del corte (N.º)	106.406
Producción de caña (t/ha)	181,52
Producción de cogollo – semilla (t/ha)	27,59
Producción de palma - hojas verdes (t/ha)	59,44
Producción de panela (t/ha)	21,8
Rendimiento en panela (%)	12,01
Producción de cachaza (t/ha)	10,56
Producción de melote (t/ha)	5,8
Producción de bagazo verde (t/ha)	72,82

Fuente: Insuasty et al. (2013)

Tabla 5. Aspectos industriales de la variedad CC 91-1555

Parámetro	Jugos	Panela
°Brix	18,6	92
pH	5,31	5,39
Azúcares reductores (%)	1,3	10,5
Sacarosa (%)	17,2	80,3
Pureza (%)	92,5	87,3
Fósforo (ppm)	239	821
Humedad (%)		8,7

Fuente: Insuasty et al. (2013)

Caracteres agronómicos

- Adaptación: su capacidad de macollamiento es regular y se adapta bien en condiciones de suelos de ladera con baja fertilidad natural.
- Germinación: la capacidad de germinación tiende a ser mala y puede estar por debajo del 80 %.
- Maduración: es una variedad precoz y su maduración según el índice de madurez (IDM) se dio a los 15,36 meses (461 días) después de sembrada.
- Floración: ausente.
- Estado de soca: muy buen comportamiento en estado de soca.
- Plagas: presenta infestación por *Diatraea* sp., en 73,22 % de los tallos; con 10,04 % de intensidad de infestación o daño.
- Enfermedades: presenta enfermedades foliares como mancha de ojo y mancha de anillo en 75,7 % de las hojas, y con una severidad promedia de daño en la lámina foliar menor de 1,0 %.

Variedad de caña CC 93-7510

Los progenitores de esta variedad fueron la variedad V 71-5 x A, fue desarrollada por Cenicaña Valle del Cauca Colombia (figura 16) y sus características morfológicas son que posee tallos medianos y de crecimiento reclinado, curvados, medianamente gruesos y de color verde amarillento.



Figura 16. Variedad CC 93-7510.

El anillo de crecimiento es ancho y prominente, banda de raíces ancha y prominente, presenta tres líneas de primordios y la cicatriz foliar es de tamaño

grande. La yema es de forma triangular y prominente, la posición del poro germinativo es apical, y sobrepasa el anillo de crecimiento.

El entrenudo es cilíndrico y su anillo ceroso está bien definido, el canal de yema está presente. Las hojas son largas, anchas y de color verde claro, se encuentran dispuestas en los tallos de forma abierta y con las puntas dobladas, son de textura gruesa y bordes finos, las aurículas son de forma recta y su deshoje natural es bueno y fácil. El contenido de pelusa es escaso (tablas 6 y 7).

Tabla 6. Parámetros de identificación y comportamiento agronómico de la variedad CC 93-7510 a los 16,1 meses (483 días) de edad del cultivo. Güepsa, Santander

Aspectos agronómicos	Descripción
Deshoje natural	Fácil
Volcamiento de tallos	No
Floración	Ausente
Rajadura de corteza	No
Presencia de lalas o chulquines	No
Contenido de pelusa	Escasa
Altura promedio de planta (m)	2,91
Diámetro de tallo (cm)	2,97
Longitud de entrenudo (cm)	11,43
Índice de crecimiento (cm/mes)	18,05
Índice de crecimiento (entrenudos/mes)	1,59
Tallos molederos al momento del corte (N.º)	133.328
Producción de caña (t/ha)	208,8
Producción de cogollo – semilla (t/ha)	21,41
Producción de palma - hojas verdes (t/ha)	34,79
Producción de panela (t/ha)	26,5
Rendimiento en panela (%)	12,69
Producción de cachaza (t/ha)	11,76
Producción de melote (t/ha)	6,57
Producción de bagazo verde (t/ha)	120

Fuente: Insuasty et al. (2013)

Tabla 7. Aspectos industriales de la variedad CC 93-7510

Parámetro	Jugos	Panela
°Brix	21,3	91,2
pH	5,52	5,75
Azúcares reductores (%)	0,9	6
Sacarosa (%)	20	84,2
Pureza (%)	93,9	92,3
Fósforo (ppm)	131	449
Humedad (%)		9,3

Fuente: Insuasty et al. (2013)

Caracteres agronómicos

- Adaptación: presenta buena adaptación a suelos de fertilidad natural baja y su capacidad de macollamiento es bueno.
- Germinación: presenta buena capacidad de germinación y supera el 90 %.
- Maduración: es una variedad precoz y su maduración según el IDM se dio a los 16,1 meses (483 días) después de sembrada.
- Floración: ausente.
- Estado de soca: muy buen comportamiento en soca.
- Plagas: 44 % de los tallos evaluados presentaron infestación por *Diatraea* sp.; y un 4,35 % de intensidad de infestación o daño.
- Enfermedades: no presentó manchas foliares características en las zonas de ladera, y por el contrario sus hojas son limpias desde el punto de vista sanitario. Es una variedad sana.

Variedad de caña CC 93-714

Los progenitores de esta variedad son la variedad Mex 64-1487 x A, fue desarrollada por Cenicaña, Valle del Cauca, Colombia y sus características morfológicas es que posee tallos cortos y de crecimiento reclinado, curvados, gruesos y de color morado (figura 17). En el nudo, el anillo de crecimiento es angosto y prominente, banda de raíces ancha y lisa, presenta tres líneas de primordios, la cicatriz foliar es de tamaño mediano.



Figura 17. Variedad CC 93-714.

La yema es de forma ovalada y achatada, no toca el anillo de crecimiento y el poro germinativo es de posición apical. El entrenudo es de forma abarrilada y posee un anillo ceroso bien definido, suele presentar rajadura de corteza y el canal de yema está ausente. Las hojas son largas y angostas, erectas y rígidas, de color verde normal, textura gruesa, bordes gruesos, abundante contenido de pelusa en la yagua; nervadura central de color blanco; aurícula inclinada, deshoje natural bueno y fácil de desprender (tablas 6 y 7).

Caracteres agronómicos

- Adaptación: presenta buena capacidad de adaptación a suelos de baja fertilidad natural y su capacidad de macollamiento es bueno.
- Germinación: es buena y puede superar el 90 %.
- Maduración: es un material semitardío y su madurez fisiológica al igual que los anteriores la pueda alcanzar antes de los 18 meses de edad del cultivo.
- Floración: ausente.
- Estado de soca: comportamiento bueno en condiciones de soca.
- Plagas: 58,6 % de los tallos suelen presentar infestación por *Diatraea* sp.; la intensidad de infestación o daño puede alcanzar 11,33 %; lo cual la hace un material con tendencia a ser susceptible al ataque de estos barrenadores.

- Enfermedades: es un material sano o limpio; 62 % de sus hojas puede presentar manchas foliares (mancha de ojo, mancha de anillo) aunque el porcentaje de severidad realmente es bajo y no supera 1 % de cobertura de la lámina foliar.

Variedad de caña CC 93-7711

Los progenitores de esta variedad son la PR 61-632 x A. producida por Cenicaña, Valle del Cauca, Colombia (figura 18) y sus características morfológicas es que poseen tallos medianos y de crecimiento reclinado, curvados, gruesos y de color verde. En el nudo, el anillo de crecimiento es ancho y prominente, banda de raíces ancha y deprimida, posee 4 líneas de primordios, y la cicatriz foliar es de tamaño mediano. La yema es de forma romboide y achatada, toca ligeramente el anillo de crecimiento y el poro germinativo está ubicado en su parte apical. El entrenudo es constreñido y posee un anillo ceroso difuso, no presenta rajadura de corteza y tiene canal de yema. Las hojas son largas y angostas, de posición abierta en los tallos, color verde normal, textura suave y bordes finos, nervadura central color blanco, aurícula en forma de falcata, su deshoje natural es regular y fácil de desprender manualmente, su contenido de pelusa es abundante (tablas 8 y 9); además, se presentan en las tablas 10 y 11 los aspectos industriales de la variedad y los parámetros de identificación y comportamiento agronómico de la variedad a los 17 meses de edad del cultivo.



Figura 18. Variedad CC 93-7711.

Tabla 8. Parámetros de identificación y comportamiento agronómico de la variedad CC 93-714 a los 17,73 meses (532 días) de edad del cultivo. Güepsa, Santander

Aspectos agronómicos	Descripción
Deshoje natural	Fácil
Volcamiento de tallos	No
Floración	Ausente
Rajadura de corteza	Sí
Presencia de lalas o chulquines	No
Contenido de pelusa	Abundante
Altura promedia de planta (m)	2,88
Diámetro de tallo (cm)	2,97
Longitud de entrenudo (cm)	8,89
Índice de crecimiento (cm/mes)	6,23
Índice de crecimiento (entrenudos/mes)	1,84
Tallos molederos al momento del corte (N.º)	102.560
Producción de caña (t/ha)	180
Producción de cogollo – semilla (t/ha)	16,36
Producción de palma - hojas verdes (t/ha)	26,59
Producción de panela (t/ha)	21,5
Rendimiento en panela (%)	11,92
Producción de cachaza (t/ha)	4,41
Producción de melote (t/ha)	2,42
Producción de bagazo verde (t/ha)	84,21

Fuente: Insuasty et al. (2013)

Tabla 9. Aspectos industriales de la variedad CC 93-714

Parámetro	Jugos	Panela
°Brix	21,9	93,6
pH	5,59	5,76
Azúcares reductores (%)	0,9	8,6
Sacarosa (%)	20,7	83,8
Pureza (%)	94,5	89,5
Fósforo (ppm)	167	531
Humedad (%)		7,2

Fuente: Insuasty et al. (2013)

Caracteres agronómicos

- Adaptación: presenta buena capacidad de adaptación a suelos de baja fertilidad natural y su capacidad de macollamiento es bueno. Se considera entre las variedades eficientes en el uso de agua.
- Germinación: su capacidad de germinación se define como buena y puede superar el 90 %.
- Maduración: es un material semitardío y su madurez fisiológica la puede alcanzar antes de los 18 meses de edad del cultivo.
- Floración: ausente.
- Estado de soca: muy buen comportamiento en soca.
- Plagas: 73 % de los tallos presenta infestación por *Diatraea* sp.; con índice de intensidad de infestación o daño de 11 %, lo cual hace que la variedad presente cierta tendencia de susceptibilidad al ataque por este barrenador.
- Enfermedades: se considera una variedad realmente sana o limpia, pero 64 % de sus hojas puede presentar manchas foliares (mancha de ojo, mancha de anillo) con una severidad o daño por debajo de 2 % del área afectada en la lámina foliar.

Tabla 10. Parámetros de identificación y de comportamiento agronómico de la variedad CC 93-7711 a los 17,73 meses (532 días) de edad del cultivo. Güepsa, Santander

Aspectos agronómicos	Descripción
Deshoje natural	Fácil
Volcamiento de tallos	No
Floración	Ausente
Rajadura de corteza	No
Presencia de lalas o chulquines	No
Contenido de pelusa	Abundante
Altura promedia de planta, m	3,02
Diámetro de tallo (cm)	3,4
Longitud de entrenudo (cm)	9,11
Índice de crecimiento (cm/mes)	17,06
Índice de crecimiento (entrenudos/mes)	1,87
Tallos molederos al momento del corte (N.º)	94.868
Producción de caña (t/ha)	270,59
Producción de cogollo – semilla (t/ha)	24,59
Producción de palma - hojas verdes (t/ha)	41,63

Producción de panela (t/ha)	30,8
Rendimiento en panela (%)	11,36
Producción de cachaza (t/ha)	6,31
Producción de melote (t/ha)	3,51
Producción de bagazo verde (t/ha)	118,89

Fuente: Insuasty et al. (2013)

Tabla 11. Aspectos industriales de la variedad CC 93-7711

Parámetro	Jugos	Panela
°Brix	19,9	93,6
pH	5,56	5,71
Azúcares reductores (%)	0,8	8
Sacarosa (%)	18,8	83,5
Pureza (%)	94,5	89,2
Fósforo (ppm)	211	689
Humedad (%)		8,1

Fuente: Insuasty et al. (2013)

Fertilización

La caña es un cultivo permanente que remueve grandes cantidades de elementos nutritivos del suelo en cada ciclo, los cuales deben en una lógica de sostenibilidad, deben devolverse mediante fertilizaciones minerales. Para establecer un adecuado plan de fertilización se debe tener como herramienta básica el análisis de suelo completo que evalúe y mida las características, químicas, físicas y biológicas, para diagnosticar integralmente las limitaciones de un suelo cultivable.

Planes de fertilización

Los planes de fertilización –que se elaboran a partir de un análisis de suelos y de los requerimientos de los cultivos–. Cuando se elaboran de manera correcta, se busca definir una relación entre el suelo y planta, que parte a partir de un balance entre los macro y microelementos, logrando así que no se presenten desbalances por el exceso o deficiencia de algunos de ellos.

Existen varios tipos de análisis de suelo, que hoy en día se definen como fundamentales para la sostenibilidad tanto productiva como ambiental y

económica del cultivo. La clasificación y descripción de estos tipos de análisis de presenta a continuación:

- **Análisis de fertilidad:** Determina textura del suelo, pH, materia orgánica (MO), fósforo, potasio. Si el pH es inferior a 5.5 se determina acidez intercambiable (Al + H intercambiable). Solo es útil para recomendaciones de nitrógeno, fósforo, potasio y necesidades de encalamiento.
- **Análisis de caracterización:** Incluye la información del análisis de fertilidad más calcio, magnesio, sodio (Na) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Este análisis incluye las bases intercambiables del suelo (Ca, Mg, Na).
- **Análisis de Salinidad:** Incluye textura, pH, CE, Na, CIC, porcentaje (%) de saturación de sodio y prueba cualitativa de carbonatos. Recomendado cuando se sospecha que el suelo tiene problemas de salinidad o sodicidad.”
- **Análisis Completo:** Incluye determinaciones del análisis de caracterización (textura, pH, MO, P, K, acidez intercambiable, bases, conductividad eléctrica (CE) y elementos menores (boro, cobre, zinc, manganeso, hierro). Es el más recomendable para fines agrícolas. (Castro 1998)

Finalmente, se recomienda que la interpretación de los resultados del análisis de suelos debe ser realizada por un profesional idóneo, con la capacidad de dar una recomendación acertada del manejo de la fertilización para las condiciones y tipo de cultivo y que favorezcan el desarrollo adecuado de este. Sin embargo, en la HRS, es muy común que no se realicen por parte del productor panelero este tipo de análisis, lo que limita significativamente la productividad de las diferentes variedades cultivadas.

Épocas de aplicación de fertilizantes

La época de aplicación de los fertilizantes, enmiendas o acondicionadores de suelo está muy relacionada con la edad fisiológica del cultivo, las condiciones ambientales y el acondicionamiento del suelo o cultivo para realizar la respectiva aplicación.

Un factor a tener en cuenta para determinar el tiempo más apropiado de aplicación de los fertilizantes al cultivo de la caña de azúcar en la HRS, es el periodo vegetativo de la variedad sembrada o establecida, puesto que en variedades tardías (ciclos vegetativos largos) superiores a 16 meses la aplicación de algunos fertilizantes puede fraccionarse o aplazarse hasta los 6 meses, sin embargo, en variedades precoces o de períodos vegetativos cortos menor de 16 meses, estas aplicaciones

deben realizarse preferiblemente dentro de los primeros seis meses de edad del cultivo.

En este sentido, se debe tener en cuenta que, si se va a realizar una corrección de acidez, las enmiendas deben aplicarse por lo menos con un mes de anticipación a la siembra. Una vez se haya realizado la aplicación de las enmiendas, se puede proceder a realizar el respectivo plan de fertilización.

Por otro lado, si el suelo presenta texturas con condición de labranza pobre, se recomienda aplicar un acondicionador de suelo como porquinaza, equinaza o bovinaza, bien maduras o compostadas y procurando que conserve material fibroso como bagazo, que se incorpore al suelo para que mejore condiciones de drenaje, aireación y labranza del suelo, esta práctica mitiga la acción inhibidora del aluminio de cambio con el fósforo. Así mismo, los residuos de origen orgánico y estiércoles de animales de la finca como las bestias pueden ser aprovechados para la obtención de abonos orgánicos, mediante técnicas de compostaje, de esta forma se contribuye con la preservación del medio ambiente desde el trapiche.

Fertilización inicial o en la siembra

En los cultivos de caña de azúcar para la producción de panela de la región de la HRS se aplica una fertilización inicial al momento de la siembra con abono orgánico (gallinaza, porquinaza, entre otros), en dosis de 1 a 2 toneladas /ha mezclada con los correctivos (cal agrícola) cuando el suelo tiene problemas de acidez. Sin embargo, esta buena práctica ha venido teniendo consecuencias contrarias a la buena fertilización debido a la madurez de los abonos orgánicos utilizados que, aplicados de manera inadecuada, generan problemas sanitarios muy significativos en el cultivo, ya que son el lugar de hospedaje de insectos plaga que favorecen su crecimiento en materias fecales, también pueden limitar la germinación de la semilla por el aumento de la temperatura del abono incorporado.

Aplicación complementaria después de la siembra

La fertilización complementaria es básicamente de origen químico y se realiza en dos momentos, antes del macollamiento y después del control de malezas. En la primera, se suministra la mitad del abono nitrogenado en mezcla con la totalidad de la fuente de fósforo y la mitad del potasio (K). Esta aplicación se hace alrededor de un mes de edad del cultivo y se complementa a los 2-3 meses con la aplicación del restante de elementos mayores como el potasio (K), el fosforo (P) y los

elementos menores como el zinc (Zn), magnesio (Mn), manganeso (Mg), entre otros; además, siempre se debe procurar tener la precaución de realizar un efectivo control de malezas antes de las aplicaciones (figura 19).



Figura 19. Aplicación de fertilizantes a los 90 y 120 días.

En la tabla 12, se muestran las recomendaciones de aplicación de fertilización que de forma general se aplican en la HRS.

Tabla 12. Fertilización a la soca

Suelo	Contenido de	Aplicar kg/ha	Fuente
Bajo	Mat org (< 3%)	75-125	Nitrógeno
	P (< 10 ppm)	100-175	P ₂ O ₅
	K (< 03meq/100 g)	125-150	K ₂ O
Medio	Mat org (3-5%)	50 .100	Nitrógeno
	P (10-20 ppm Bray II)	75-150	P ₂ O ₅
	K (03-06meq/100 g)	50-100	K ₂ O
Alto	Mat org (> 5%)	0-75	Nitrógeno
	P (1 > 20 ppm Bray II)	0-75	P ₂ O ₅
	K (> 06meq/100 g)	0-75	K ₂ O

Fuente: Insuasty et al. (2003)

Formas de aplicación de fertilizantes

En cualquier programa de fertilización se debe considerar que los nutrientes van a alimentar a la planta y no al suelo. Por lo tanto, los fertilizantes se deben colocar donde mejor puedan ser utilizados por las plantas. Los métodos más comunes de localizar los fertilizantes sólidos en el suelo son: en banda, al fondo del surco y en corona. (Castro 1998).

Aplicación en banda con y sin tapado

La aplicación en banda consiste en distribuir el abono por un costado del surco y a lo largo del mismo (figura 20). En el cultivo de caña de azúcar para la producción de panela, esta aplicación se realiza manualmente y cuando el cultivo ya ha brotado por completo. Este sistema se puede hacer con o sin tapado del abono. En este sentido, siempre que se apliquen abonos en zona de ladera, se debe hacer por la parte superior del surco, de tal forma que, al escurrir, la planta lo atrape para su mayor aprovechamiento.



Figura 20. Abonado.

La labor de tapado del abono en la HRS se realiza a criterio de cada productor, por los costos en los que se incurre por mano de obra. Sin embargo, el tapado para siembras nuevas evita la volatilidad de elementos como el Nitrógeno; en el caso de cultivos en producción aplicados en épocas precisas, la planta lo toma con rapidez, ya que la hojarasca cubre el abono y conserva la humedad del suelo para su rápida absorción. La aplicación en banda se emplea tanto para cultivo en plantilla como para socas (Castro 1998).

Al momento de la siembra, también se realiza la aplicación del fertilizante o enmienda al fondo del surco, como una variante del sistema en banda. Esta aplicación se puede hacer de dos formas: poniendo el fertilizante primero y después la semilla de caña; o la semilla en el fondo y el fertilizante encima, para posteriormente tapar. Finalmente, este sistema es aplicado cuando se cuenta con una distribución de surcos de caña en chorrillo.

Nutrientes disponibles en fertilizantes esenciales para el desarrollo de la caña de azúcar

Son 16 los elementos nutritivos esenciales que deben estar balanceados en el suelo para un buen desarrollo del cultivo:

- No minerales: carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O).
- Nutrientes mayores (llamados así porque son necesarios en cantidades relativamente grandes para el desarrollo de las plantas): nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).
- Microelementos: boro (Br), zinc (Zn), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo) (Manrique e Insuasty 2000).

Nitrógeno

Los nutrientes afectan el crecimiento y desarrollo de la planta y su maduración. El nitrógeno (N) es esencial durante la etapa inicial de desarrollo para obtener altas producciones de caña; sin embargo, cuando se aplica en exceso, tiene un efecto negativo en la calidad del jugo. Para una adecuada maduración, es necesario que este nutriente se mantenga en las hojas en niveles bajos hacia el final del periodo vegetativo. Las aplicaciones de N se deben hacer en los primeros meses de desarrollo del cultivo (entre dos y seis meses) y no más tarde, para suspender así el desarrollo vegetativo de la planta y favorecer la acumulación de sacarosa. La figura 21 muestra un cultivo de caña con deficiencia de nitrógeno.



Figura 21. Deficiencia de nitrógeno.

Fósforo

El fósforo (P) es indispensable en las transformaciones de azúcares simples a sacarosa. Este elemento es requerido por las plantas de caña especialmente en los primeros meses de crecimiento, porque estimula el desarrollo radicular, el macollamiento vigoroso y la formación de tallos, y favorece la maduración e interviene en la asimilación de N. La figura 22 muestra una caña con deficiencia de P.



Figura 22. Deficiencia de fósforo.

El P se encuentra en todas las zonas de crecimiento, tanto de raíces como de meristemas terminales, haciendo parte de las células. Este se debe suministrar al momento de la siembra, siempre y cuando sea una fuente de lenta asimilación, como el abono fosfórico, y no exista desbalance de Ca, Mg y K, de lo contrario, se debe suministrar una fuente de rápida asimilación de P como el fosfato diamónico (DAP), tanto en plantilla como en socas, una vez la caña haya brotado generalizadamente. Cuando el contenido de P es bajo en la planta, la caña no utiliza todo el nitrógeno absorbido y, como consecuencia de ello, se retarda la maduración.

Potasio

El potasio (K) promueve el desarrollo de raíces, tallos y hojas, y hace menos notorios los efectos de la sequía, debido a que estimula el transporte de agua y otros elementos dentro de la planta de caña. El K, a diferencia del N y del P, no entra en la constitución de los principales componentes bioquímicos de la célula vegetal; sin embargo, este es un elemento que se encuentra siempre presente y es absolutamente indispensable. La carencia de K (figura 23) perturba de manera profunda el metabolismo de las plantas. Dentro de las principales funciones que se realizan a partir del K, sobresalen la de impartir a la planta vigor y resistencia a las enfermedades, así como la producción de azúcares; por el contrario, el exceso de K, disminuye la absorción de N y deprime la producción de tallos.



Figura 23. Deficiencia de potasio.

Calcio

Todas las plantas contienen calcio (Ca), que es fundamental para el buen crecimiento de la caña. Las principales funciones del Ca en la planta son: aumentar la absorción de N en forma de nitrato (NO_3^-); neutralizar el efecto del aluminio tóxico en suelos ácidos, e influir en la absorción de otros elementos nutritivos como N, Mg y K. El Ca aumenta el vigor general de las plantas y endurece los tallos. Además, juega un papel importante en la membrana y pared celular, actuando como barrera para la entrada de organismos causantes de enfermedades.

Magnesio

El magnesio (Mg) es absorbido por la planta en menores proporciones que el calcio. Parece que está relacionado con el metabolismo del P y sus funciones están relacionadas con la formación de azúcares, el transporte del P en la planta y la regulación de la absorción de otros elementos como P, K y Ca. El Mg, junto con el K, Ca y silicio (Si), genera en las plantas resistencia a varias enfermedades fungosas.

Azufre

El azufre (S) participa en múltiples procesos y es de los más importantes para la síntesis de aminoácidos. La insuficiencia de S disponible para la planta afecta el rendimiento de los cultivos y la calidad de las cosechas. Las plantas utilizan el S de la solución del suelo en la forma de ión sulfato (SO_4^{2-}). Recordemos que una fertilización a base de N, P, K y S representa en muchos suelos la diferencia entre hacer rentable o no el uso de fertilizantes, ya que la respuesta de los cultivos a los elementos primarios (N, P y K) se puede limitar por la deficiencia de S. Las principales funciones del S en la planta son: ayudar a mantener el color verde intenso en las hojas y permitir la síntesis de los aminoácidos que contienen S y de las proteínas.

Control de malezas

Como toda planta que crece fuera de su sitio e invade otro cultivo en el cual causa más perjuicio que beneficio es considerada maleza, en la caña de azúcar son comunes las malezas de hoja ancha y hojas angostas o gramíneas y ciperáceas. Estas últimas, como se reproducen por rizomas (tallos subterráneos emitiendo raíces), son difíciles de controlar.

Las malezas en el cultivo de la caña de azúcar generan daños como: la competencia por luz indispensable para la transformación de azúcares y procesos fotosintético; la competencia por el agua; la competencia por nutrientes, y la competencia por espacio. Esta competencia afecta y disminuye la producción del cultivo en términos de toneladas de caña por hectárea (tch), el rendimiento y la calidad panelera. Además, las malezas son hospederos de insectos plaga y enfermedades. Para combatir estas malezas, como en cualquier parte del mundo, el control cultural y el control químico son utilizados en la HRS. El control cultural es ambientalmente más favorable y tiene mayor efectividad a partir del conocimiento de las arvenses que afectan al cultivo de la caña por parte del productor.

El control químico en la HRS es muy utilizado, ya que en comparación con el control cultural requiere menos mano de obra y es más eficiente en la eliminación de malezas. Es muy común que antes y después de la siembra el control químico sea el más usado en la región. Sin embargo, son dos momentos claves los que requieren de un buen control de malezas; estos son:

Primer control de arvenses

Generalmente en la HRS, en la gran mayoría de los casos, el control de malezas se hace de forma inoportuna, en épocas tardías; es decir, cuando la maleza se encuentra en estado avanzado, tanto de edad como en cobertura, partiendo de la creencia de que es el punto ideal de control. En cultivos o siembras nuevas, esta práctica es fundamental para el buen crecimiento y desarrollo del cultivo.

Es importante aclarar que el control de maleza debe empezar cuando se encuentra en estado juvenil, para que se haga un control eficaz, pues es el momento en el que aún está débil y la aplicación del producto se hace de mejor forma, disminuyendo costos y dando espacio al cultivo de la caña para que se desarrolle sin competencia. Posteriormente, se debe realizar un chequeo de los resultados de esta primera aplicación que se hizo alrededor de los 45 días, para observar si aún existen focos de maleza. Se debe hacer un repaso focalizado, pues este proceso evitará resurgencia de maleza que al madurar produce semilla suficiente para nuevos ciclos.

Segundo control de arvenses

Un segundo control de maleza se realiza unos días antes de la fertilización complementaria, con el fin de optimizar la fertilización. Para ello, es preciso tener

presente que, por ningún motivo, se debe dejar enmalezar el cultivo, pues una vez la maleza ha ganado terreno, se incurre en mayores costos de producción y menor producción del cultivo. Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se presenta una breve descripción, que incluye registro fotográfico, de las principales malezas que afectan el cultivo de la caña, con el fin de facilitar su identificación y reconocimiento en campo.

Malezas de importancia económica en caña en la hoya del río Suárez

Nombre científico: *Bidens pilosa* (figura 24)

Familia: Compuestas (Asteraceae)

Nombre común: Cadillo, Moriseco

Clasificación mundial: BIDPI



Figura 24. Cadillo.

Aspectos biológicos: Planta herbácea, anual, erecta, de olor característico. Se diferencia de *B. alba* en que las lígulas de esta última son largas y blancas. Su propagación se da por semilla nativa de la América tropical.

Nombre científico: *Cirsium vulgare* (figura 25)

Familia: Compuestas (Asteraceae)

Nombre común: Cardo, Cardosanto

Clasificación mundial: CIRVU



Figura 25. Cardo.

Aspectos biológicos: Planta bianual de tallo subleñoso, erecta, muy espinosa, de color verde oscuro. El primer año forma una roseta de hojas elípticas muy dentadas. Es originaria de Eurasia. De propagación por semilla.

Nombre científico: *Chenopodium ambrosioides* (figura 26)

Familia: Quenopodiaceae

Nombre común: Paico, Apazote

Clasificación mundial: CHEAP



Figura 26. Paico.

Aspectos biológicos: Herbácea anual, erecta, con olor fuerte y peculiar. Nativa de América tropical.

Nombre científico: *Desmodium tortuosum* (figura 27)

Familia: Fabaceae

Nombre común: Pega Pega

Clasificación mundial: EMISO



Figura 27. Pega pega.

Aspectos biológicos: Alcanza de 3 a 9 pies de altura. Consta de tres hojas alternas, de elípticas a oblongas. Se propaga por semillas que se adhieren al hombre y a otros animales, que las transportan a otro lugar.

Nombre científico: *Fleurya aestuans* (figura 28)

Familia: Urticaceae

Nombre común: Ortiga



Figura 28. Ortiga.

Aspectos biológicos: Herbácea anual de tallo erecto y pubescente, cubierta en su totalidad por pelos urticantes. Se propaga por semillas.

Nombre científico: *Mimosa pudica* (figura 29)

Familia: Leguminosas (Fabaceae/Mimosoidea)

Nombre común: Dormidera, Zarza

Clasificación mundial: MIMPU



Figura 29. Dormidera.

Aspectos biológicos: Herbácea o subarborescente perenne, postrada, espinosa, muy ramificada. De follaje sensible, se diferencia de *M. somnians* en que las hojas bipinnadas tienen cuatro primarias que parten de un solo punto.

Nombre científico: *Sida rhombifolia* (figura 30)

Familia: Malvaceae

Nombre común: Escoba

Clasificación mundial: SIDRH



Figura 30. Escobo.

Aspectos biológicos: Las hojas son alternas, romboides a ovadas, con bordes serrados menos en la base. Sus flores son amarillas. Perenne, de propagación sexual. Medianamente nociva.

Nombre científico: *Typha angustifolia* (figura 31)

Familia: Tifaceae

Nombre común: Junco



Figura 31. Junco.

Aspectos biológicos: Tallos erectos de 2 a 3 m de alto, con hojas lineares que envainan los tallos. Flores en espigas muy densas y cilíndricas, con un espacio entre las flores femeninas en la parte inferior y las masculinas en la parte superior. *T. latifolia* se encuentra en los mismos sitios, pero no existe un espacio entre flores masculinas y femeninas.

Nombre científico: *Brachiaria mutica* (figura 32)

Familia: Poaceae (alt. Gramineae)

Nombre común: Pará



Figura 32. Pará.

Aspectos biológicos: Es una gramínea perenne que forma fuertes estolones, con tallos huecos y decumbentes, a excepción de los tallos florales que son erectos y pueden llegar a medir 2 m de altura. Las hojas son lanceoladas y tanto las hojas como el tallo son pubescentes.

Nombre científico: *Melinis minutiflora* (figura 33)

Familia: Gramineae (Poaceae)

Nombre común: Yaragua



Figura 33. Yaragua.

Aspectos biológicos: Zacate perenne, con tallos velludos de 1 m o más de alto. Olor característico a la melaza, con inflorescencia. Es una panícula abierta de color violáceo, originaria de África. Se propaga por semillas.

Nombre científico: *Panicum maximum* (figura 34)

Familia: Poaceae

Nombre común: Guinea



Figura 34. Guinea.

Aspectos biológicos: Gramínea perenne, de crecimiento fuertemente cespitoso. Presenta mayor relación hoja/tallo que la cv. Tobiata y que la hierba coloniaio (guinea común), siendo en esta característica, idéntica a la cv. Tanzania.

Otras malezas que afectan el cultivo de la caña

Nombre científico: *Cyperus aggregatus* (figura 35)

Familia: Cyperaceae

Nombre común: Coquito



Figura 35. Coquito.

Aspectos biológicos: Planta perenne con tallos entre 5 y 60 cm de largo, ascendente-cespitosos o próximos entre sí, que brotan de un rizoma corto y duro; sus hojas son casi tan largas como los tallos; a menudo todas las espigas son sésiles y raramente más de una evidentemente pedunculada.

Nombre científico: *Cyperus ferax* (Sin: *C. odoratus*) (figura 36)

Familia: Cyperaceae

Nombre común: Cortadera

Clasificación mundial: CYPFE



Figura 36. Cortadera.

Aspectos biológicos: De hojas basales geniculadas y anchas con vena central prominente, inflorescencia verde-amarilla. Perenne. Propagación sexual. Causa competencia. Medianamente nociva.

Nombre científico: *Dichromena ciliata* (figura 37)

Familia: Cyperaceae

Nombre común: Estrellita

Clasificación mundial: DICCI



Figura 37. Estrellita

Aspectos biológicos: Planta perenne, herbácea, con rizomas cortos. Se propaga principalmente por semilla. Nativa de América.

Nombre científico: *Pteridium esculentum* (figura 38)

Familia: Hipolepidaceae

Nombre común: Helecho



Figura 38. Helecho.

Aspectos biológicos: Helecho perenne con el rizoma de color castaño y cubierto de pelos oscuros en el extremo. La fronde suele alcanzar un gran tamaño (hasta 2 m) y se encuentra tres veces dividida.

Nombre científico: *Cyperus sesquiflorus* (figura 39)

Familia: Cyperaceae

Nombre común: Junquillo

Clasificación mundial: CYPSP



Figura 39. Junquillo.

Aspectos biológicos: Planta perenne, herbácea, erecta. De origen pantropical, que se propaga por semillas y rizomas.

Como elementos importantes para el buen control de malezas, se describe que los factores ambientales, tales como temperatura, humedad relativa del aire y posibilidades de lluvia, son muy importantes para la aplicación de herbicidas, porque inciden en el tipo de reacción de las plantas a los estímulos o tratamientos externos. También debe ser considerado y respetado el horario de aplicación para un uso eficiente de herbicidas. Un buen horario de aplicación es en las primeras horas del día (hasta las 10:00 horas) y en las últimas horas de la tarde (a partir de las 17:00 en horario de verano), evitando las horas más calurosas del día.

Aplicando rigurosamente los herbicidas en este horario, se asegura que las malezas se encuentren con buen vigor y activas fisiológicamente, aspecto fundamental para la absorción del herbicida. Otra razón importante constituye la preservación de la salud de la persona que aplica el producto, ya que hará la aplicación en horarios donde la brisa no dispersa el producto, favoreciendo así la eficiencia de esta labor exponiéndolo menos y reduciendo el riesgo por intoxicación.

Finalmente, la elección del horario más conveniente para realizar la aplicación (mañana o tarde) dependerá del tipo de herbicida a ser utilizado, considerando que existen aquellos que requieren de la presencia de luz solar para ejercer su

efecto sobre las malezas; en este caso, la aplicación se deberá realizar indefectiblemente en la mañana y no en la tarde (Talavera 2006).

Herbicidas no selectivos en caña utilizados en la hoya del río Suárez

Los principales productos que se utilizan para el control de malezas y especialmente para los primeros controles (antes y al momento de la siembra), en donde se utilizan herbicidas no selectivos se presentan en la tabla 13.

Tabla 13. Herbicidas no selectivos en el cultivo de la caña de azúcar

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis por ha	Malezas que controla
Roundup	Sal isopropilamina de glifosato	Está definida por la cantidad y el estado de desarrollo de las malezas. Para obtener un buen control de malezas, se recomienda la aplicación de 4 L/ha.	Al ser un herbicida no selectivo, controla todas las clases de arvenses.
Stelar	Sal isopropilamina de N-(fosfometil) glicina		
Panzer	Sal isopropilamina de glifosato 48%		
Glifosol	Glifosato: sal isopropilamina de N-(fosfometil) glicina: 480 gramos por L		
Socar SL	Glifosato 480 g/L		
Faena 480 SC	Glifosato 480 g/L		

Fuente: Murcia et al. (2010)

Herbicidas selectivos en caña utilizados en la hoya del río Suárez

En la tabla 14, se presentan productos selectivos para la caña que controlan malezas gramíneas, de hoja ancha y algunas ciperáceas.

Tabla 14. Herbicidas selectivos en el cultivo de caña de azúcar

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis por ha	Malezas que controla
Velpar k-4	Hexazinona 13,2% Diurón 46,8%	1 kg/200 L de agua.	Herbicida de amplio espectro. Para el control de malezas anuales y algunas perennes de hoja ancha y hoja angosta.

Hexarón (continuación)	Hexazinona + Diurón	1 kg/200 L de agua.	Herbicida sistémico pre y posemergente para el control de malezas de hojas anchas y gramíneas.
Karmex WG	Diurón 80%	1 kg/200 L de agua.	Herbicida pre y posemergente, para el control de malezas gramíneas y de hoja ancha.
Diurón 500 SC	Diuron 500 g por litro de formulación.	7,2 L/ hectárea	Herbicida sistémico pre y posemergente para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas.
Diurex 80 WG	Diurón 80%	1 kg/200 L de agua	Herbicida sistémico pre y posemergente para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas.
Pencal 80 WG	Diurón 80%	1 kg/200 L de agua	Herbicida sistémico pre y posemergente para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas
Trilla 80 WG	Diurón 80%	1 kg/200 L de agua	Herbicida sistémico pre y posemergente para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas
Krismat 75 WG	Trifloxysulfurón sodio 1,85% Ametrina 73,15%	0,5 a 1 kg/200 L de agua	Control de malezas gramíneas, dicotiledóneas y ciperáceas.
Atrazina 500 SC	Atrazina: 6-cloro-N ² -etil-N ⁴ -isopropil-1,3,5-triazina-2,4-diamina; 500 gramos por litro de formulación	6 L a 8 L/ha	Recomendado para el control de malezas de hoja ancha y angosta.
Atrazina 80%	Atrazina 2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-1,3,5-triazina 74%	1 kg/ha	Herbicida para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas anuales
Actril EC	loxinil octanoato. 2,4 D (ester isocílico)	1,5 a 1,75 L/200 L de agua	Herbicida posemergente para el control de malezas de hoja ancha y ciperáceas

Fuente: Murcia et al. (2010)

Herbicidas selectivos especialmente a hoja ancha utilizados en la hoyo del río Suárez

En la tabla 15 se presentan productos para el control de malezas de hoja ancha, gramíneas y helechos.

Tabla 15. Herbicidas selectivos de hoja ancha utilizados en la HRS

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis por ha	Malezas que controla
Crosser	Picloram: Ácido 4- amino - 3, 4, 5-tricloropicolínico, 15 g/L de formulación. 2-4 Diclorofenoxiacético, 150 g/L de formulación	1 L/200 L de agua	Recomendado para el control de malezas herbáceas de hoja ancha anuales.
Combo	Picloram 240 g de equivalente ácido. Metsulfuron-metil 60%	1 o 2 L/200 L de agua	Herbicida sistémico y selectivo, recomendado para el control de malezas anuales latifoliadas o de hoja ancha, la dosis depende de la consistencia de las malezas.
Ally	Metsulfuron-metil 60%	15 a 20 gramos PC/ 200 L de agua.	Aplicación dirigida a malezas de hoja ancha y helecho.
Finale SL	Glufosinato de amonio	1,5 L/ha, mezclado con Diurón	Para el control de malezas anuales y perennes, para aplicación en posemergencia. Malezas de hoja angosta y hoja ancha; no es selectivo a caña; se debe aplicar con precaución.
2-4 D Amina 720 SL	2, 4-diclorofenoxiacético, 720 g/L de formulación	4 L/ha	Controla malezas de hoja ancha y ciperácea.
Galope EC	Herbicida con base en esteres	1 L/200 L de agua	Controla malezas de hoja ancha

Fuente: Murcia et al. (2010)

Productos surfactantes

Finalmente, entre los principales productos utilizados como adherentes en el cultivo de la caña para mejorar la aplicación de los herbicidas sobresalen los presentados en la tabla 16.

Tabla 16. Productos surfactantes

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis por ha
Agrotin SL	Polisacáridos, alcoholes polivinílicos, nonifelones, siliconas, sustancias reguladoras del pH, 79,45 g/L de formulación.	50 cm ³ por bomba de 20 litros
Potenzol 900 SL	Coadyuvante de uso agrícola.	Se usa en una concentración de 0,25 a 0,50% así: Para aplicarlo con insecticidas, fungicidas o herbicidas de 250 a 500 c.c. por cada 100 litros de mezcla.
Kaytar ACT-SL	Éter de octil fenol y polietilén glicol y dodecílbenzeno sulfonato de sodio 450 g/L-coadyuvante.	50 mm por bomba de 20 litros.

Fuente: Murcia et al. (2010)

Capítulo IV

Plagas y enfermedades

En la actualidad, el control de plagas y enfermedades a nivel mundial se realiza con enfoque de manejo integrado de plagas (MIP), como consecuencia de los desastres en el uso irracional de pesticidas y las secuelas que acarrea el medio ambiente. Recordemos que la presencia y severidad de las plagas de la caña dependen del ambiente o nicho, la variedad, edad del cultivo y el manejo agronómico que se realice al cultivo desde antes de su establecimiento.

Los principales insectos plaga en la HRS, que afectan económicamente el cultivo de caña de azúcar para la producción de panela, se describen de manera detallada a continuación.

Plagas de la caña de azúcar

La caña de azúcar es una planta rústica que está bien adaptada y resiste a condiciones adversas, no obstante, es atacada por plagas, las cuales pueden ocasionar daños significativos en los tallos, lo cual, al momento de la transformación de caña a panela, puede generar pérdidas si no se hace un control adecuado en la etapa de cultivo.

El cucacho, cornudo o cucarrón de invierno

El *Podischnus agenor* (Olivier) (Coleoptera: Scarabaeidae), conocido como "cucacho", se reporta en Colombia y otros países de Centro y Suramérica (figura 40). Entre sus hospederos figuran la caña de azúcar, la guadua, la caña brava y el maíz.

Su larva es un gusano blanco de color azulado, con cabeza castaña, que mide 7 cm, con las patas dobladas hacia el abdomen y se encorva en forma de C. Se halla en suelos ricos en materia orgánica y húmeda, y puede llegar a vivir 250 días.



Figura 40. Cucacho o cucarrón de invierno.

El adulto es un escarabajo grande de color marrón oscuro: el macho es de mayor tamaño, con un sobresaliente cuerno en la parte superior de la cabeza, generalmente bifurcado o dividido en dos, y con una superficie peluda de color café; la hembra es de menor tamaño y sin cuernos, muy buena voladora y activa durante la noche. Para ovipositar o depositar huevos, la hembra se entierra. En este estado pueden durar hasta 120 días.

Los adultos salen principalmente durante el periodo de lluvias del segundo semestre, y copulan y ovipositan en el suelo. Se ha encontrado que la infestación es mayor en los bordes que en el interior de los lotes; las larvas no causan daño al cultivo, pues se encuentran enterradas y se alimentan de materia orgánica en descomposición (Gómez y Lastra 1995).

El picudo rayado de la caña *Metamasius hemipterus sericeus* (Olivier)

El *Metamasius hemipterus sericeus* es una plaga localizada no endémica. Los estados de larvas y adultos son los causantes de los daños, consistentes en la formación de amplias galerías en la caña que contribuyen a la pérdida de jugos y tejidos (Weissling et al. 2003). A medida que avanza el daño producido, puede contribuir al volcamiento de la caña. Establece complejo *Diatraea-Metamasius* (figura 41).



Figura 41. Picudo rayado.

Manejo y control cultural de la plaga

Control cultural. No usar material infestado para la siembra, cortar la caña a ras de suelo en la cosecha, no dejar caña cortada en el campo y sacar del lote los residuos de cosecha son las principales medidas de acción, además de las prácticas agronómicas requeridas para un buen desarrollo del cultivo.

Control físico. Se deben usar trampas, cortando trozos de guadua en forma longitudinal, con perforaciones hechas a los dos lados en una de las mitades, que serán llenados con caña madura macerada. Se colocan estos cebos-trampas dentro del cultivo cada 50 m entre sitios y se inspeccionan frecuentemente, con el fin de coleccionar y destruir los insectos, así como para cambiar el cebo cuando esté descompuesto.

El barrenador del tallo

Cabe destacar que, en la HRS, Corpoica viene adelantando —con recursos del Ministerio de Agricultura— estudios en la identificación de nuevas especies de diatraea y de especies nativas controladoras de esta plaga; también se estudian y desarrollan alternativas integradas de control biológico que incluyen entomopatógenos, parasitoides y métodos etológicos.

Esta plaga en los últimos años ha venido aumentando en términos de infestación y daño, debido al mal manejo agronómico y atropello de los recursos naturales por parte de algunos productores, dando como resultado bajos rendimientos y deterioro en la calidad de la panela. Esta especie del género *Diatraea* (*Diatraea*

saccharalis Fabricius) y causa tres tipos principales de daño que afectan la rentabilidad del cultivo.

Corazón muerto

Generado por la lesión y destrucción de los puntos de crecimiento de los rebrotes de caña (figura 42), este ataque reduce el número de tallos/ha y produce atraso de socas y plantillas (cañas que se siembran por primera vez), de preferencia en el período de uno a seis meses de edad de la caña.

Daño en la semilla asexual. La larva perfora y destruye las yemas o material de siembra, en la edad de semilleros; además, genera perforaciones circulares en los nudos o entrenudos (figura 42), con ataques a partir de los seis meses de edad del cultivo hasta el corte, con reducción sensible en el contenido de sacarosa e inversión de azúcares, facilitando la presencia de otros insectos como *Metamasius* y el *Rhynchophorus*, o de enfermedades como *Physalospora tucumanensis*, el hongo de la pudrición roja o muermo rojo, y el aumento en la cantidad de fibra.



Figura 42. A costado izquierdo, larva de diatraea sp.; al derecho, afectación asociada a daño barrenador “muermo rojo”.

Manejo y control cultural de la plaga

Para su control se deben aplicar las siguientes estrategias:

Control cultural. Utilizar semilla sana, controlar malezas hospederas, realizar labores agrícolas adecuadas y destruir los residuos de cosecha. Se recomienda recolectar larvas de *Diatraea* en corazones muertos, con el fin de hacer la limpieza manual del campo.

Control químico. Es contraproducente la aplicación de medidas de control basándose en productos químicos, dadas las características propias de las larvas de *Diatraea* de barrenar los tallos; además, de agravarse el problema, se acaba con la fauna benéfica y se trastorna en gran forma el medio ecológico.

Control biológico. Es uno de los métodos más antiguos y exitosos; con la utilización de enemigos naturales predadores o parasitoides se ha demostrado su beneficio en muchos países del mundo, especialmente por la estabilidad de los resultados y la disminución de riesgos de tipo ecológico.

Para el control de *Diatraea* en las áreas paneleras se deben seguir los siguientes pasos:

- La recolección manual de larvas en corazones muertos y la liberación de los parasitoides de huevos: *Trichogramma* sp., en cañas de uno a cuatro meses de edad distribuyendo 20 a 40"/ha en tres fechas, con intervalos de un mes y una distancia no menor de 30 m entre sitios.
- En cañas entre 6 y 12 meses de edad se liberan parasitoides específicos de larvas como *Paratheresia claripalpis* Wulp (hoy *Billae claripalpis*), y *Apanteles flavipes* Cameron, distribuyendo el díptero en parejas de 10 a 15/ha y el himenóptero en 1 g de cocones/ha.
- Dentro de este manejo integrado del insecto, se debe velar por la conservación de especies nativas, como *Jayneleskia jaynessi* (Lastra et al. 2007).

Barrenador gigante de la caña de azúcar *Castnia* sp.

Daño e importancia económica

El daño del insecto se presenta en las cepas de la caña pequeña y en la caña adulta (figura 43). El daño en las cepas se caracteriza porque, después de realizado el corte, la larva se alimenta de los rizomas hasta destruirlos totalmente.



Figura 43. Barrenador gigante.

En cañas jóvenes, la larva se introduce en los retoños recién brotados, causando su marchitamiento progresivo. En cañas adultas, se presentan galerías profundas de un cm de diámetro que pueden llegar en algunos casos hasta el cogollo; cuando el ataque es intenso, se pueden observar hojas amarillentas en los cañaduzales y reducción de la población de tallos, debido al volcamiento de la caña. Además de esta sintomatología de daño, se puede afectar la calidad de los jugos extraídos. Los jugos se fermentan sirviendo como atrayente para otros insectos y patógenos. Según datos de Gómez y Gaviria (1984), una infestación cercana al 15 % puede reducir el tonelaje de caña en un 20 %.

Manejo y control de la plaga

Control químico. Debido a su hábito de permanecer la mayor parte de su ciclo dentro de los tallos, el uso de insecticidas se hace inútil y a la vez deficiente.

Control biológico. Hasta el momento, han sido reportados como parasitoides de larvas la mosca taquínida *Palpozenillia papalis* y otro díptero, el *Emdeninya myersi*.

Control cultural. La utilización de variedades precoces ha contribuido notoriamente a reducir las poblaciones del insecto. Se recomienda, en ataques severos, la renovación total de áreas afectadas y una preparación eficiente de los suelos en siembras nuevas.

Control mecánico. Una manera eficiente de controlar el insecto es a través de la utilización de punzones, que al introducirse dentro de las galerías producen la muerte de las larvas.

Complejo simbiótico con la hormiga loca *Nylanderia fulva* Mayr, chupadores (*Sipha flava*, *Bemisia sp.*, *Pulvinaria sp.*)

La importancia económica y el impacto ecológico se manifiestan por la simbiosis de las hormigas con otras especies dañinas, como los homópteros (pulgones, mosca blanca y escamas) y microorganismos fungosos causantes de fumagina o chamusquina, los cuales establecen una relación a partir de los excrementos azucarados que desechan los chupadores y que son aprovechados por las hormigas y los hongos (figura 44). A su vez, las hormigas ejercen una acción protectora a los homópteros, guardándolos del ataque directo de enemigos naturales como parásitos y predadores.



Figura 44. Complejo simbiótico con la hormiga loca.

Manejo y control de la plaga

Control físico. Por exclusión, colocando barreras alrededor del sitio que se desea proteger, zanjas con aceite quemado, cintas pegajosas o franjas con insecticidas.

Cultural y limpieza. Remoción de sitios de anidamiento, manejo de cultivos, manejo de residuos de cosecha, capturas masivas, anidamiento inducido. Se debe eliminar basuras, bolsas, cauchos, pedazos de ladrillos y demás objetos donde la hormiga pueda hacer nido. No se deben transportar materiales orgánicos e inorgánicos de áreas afectadas hasta zonas sanas.

Control químico. Uso de cebo tóxico que no ejerza impactos negativos al ambiente (Bustillo y Gil 2008).

Salivazo (Aeneolamia varia F.)

Las ninfas se alimentan de la savia de los tallos, dejándolos exudados. Los adultos se alimentan de la savia de las hojas e inyectan toxinas. Se caracteriza porque las ninfas se recubren de una sustancia con apariencia de saliva que se encuentra en raíces, suelo y parte basal de los tallos. Afectan la calidad de los jugos. Las porciones de las hojas afectadas se tornan amarillentas y los tejidos terminan por secarse, dando lugar a la formación de manchas alargadas de color amarillo o pardo. Las pérdidas en producción de caña y sacarosa ascienden hasta el 60 %.

Manejo y control de la plaga

Se debe realizar monitoreo y practicar el deshoje periódicamente, así como cosechar por parejo y no trasladar material de lugares con infestación de la plaga. Asimismo, es preciso recurrir al control legislativo (Colombia 2007) y solicitar permiso a la corporación autónoma ambiental para desarrollar quema generalizada. Se deben ubicar trampas pegajosas (2/ha) en la periferia (cultivo de seis meses), con un umbral de 50/adultos/trampa/semana o 0,2 adultos o espumas/tallo se deben implementar prácticas que permitan remover los huevos y exponerlos a condiciones adversas. Una medida de choque es la aplicación de insecticida.

Enfermedades de la caña de azúcar

Algunas de las enfermedades que afectan este cultivo en la HRS han ocasionado grandes pérdidas a la producción en todo el mundo y han motivado a intensos

estudios y controversias. Las enfermedades revisten gran importancia económica y quizás son las que menos atención han recibido por parte de los cultivadores de caña, tanto en la HRS como en el país.

En Colombia, la primera enfermedad registrada fue el Mosaico, que produjo pérdidas económicas considerables, problema que se solucionó mediante la introducción de variedades resistentes a esta enfermedad. Se ha logrado establecer diferentes tipos de afecciones asociadas con las distintas etapas del ciclo vegetativo de la caña de azúcar.

Mancha de anillo o anular: *Leptosphaeria sacchari* var. *Breda de Haan*

Esta es una enfermedad foliar muy común en nuestro medio (figura 45), pero no alcanza niveles perjudiciales. Inicialmente, las manchas son rojizas y pequeñas, pero luego aumentan su tamaño; el centro de la lesión toma un color pajizo o ceniza característica, rodeado por un anillo café rojizo.



Figura 45. Mancha de anillo.

Recurrentemente, las manchas se presentan en la parte apical de las hojas más viejas o bajas, de acuerdo con las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas; las lesiones pueden cubrir en su totalidad el área foliar de dichas hojas y se pueden tornar ascendentes hacia el cogollo de las plantas.

La presencia de la enfermedad en la HRS se asocia con un pobre desarrollo de las plantas, ocasionado por la baja fertilidad de los suelos arenosos y pedregosos. Con frecuencia, se presenta en POJ 2878 y en menor grado en co 421 y CP 3834; ocasionalmente, también se presenta en CP 57603, co 419 y Azul Casagrande.

Mancha de ojo: *Bipolaris (Helminthosporium) sacchari* var. Breda de Haan (Buttler)

Esta enfermedad se difunde rápidamente con la presencia de humedad en las hojas, razón por la cual la enfermedad es más seria durante el invierno. El hongo produce lesiones que se caracterizan por presentar inicialmente un centro rojizo, con un halo amarillento bien marcado (figura 46). Este halo tiende a desaparecer a medida que aumentan las lesiones rojizas. Dependiendo de las condiciones de humedad relativa, las lesiones se pueden extender en forma longitudinal y afectar grandes áreas de la lámina foliar.



Figura 46. Mancha de ojo.

Pokka Boeng o cogollo retorcido. *Gibberella moniliformis* (Sheldon) Wineland (fase perfecta) y *Fusarium moniliforme* Shel. Snuyd et Hans (fase imperfecta)

El primer síntoma consiste en el desarrollo de una clorosis o pigmentación amarilla hacia la base de las hojas jóvenes, seguido por un retorcimiento, malformación y reducción de las hojas afectadas (figura 47). En algunas áreas cañicultoras de la HRS, estos síntomas se encuentran acompañados por una pudrición severa del cogollo y muerte de la planta. La mayor severidad e incidencia de la afección ocurre sobre plantas de variedad CP 57603 y PR 61632 y, en menor grado, en POJ 2878. La mayor incidencia se observa en plantas de cuatro a seis meses de edad, pero según parece nunca se producen ataques generalizados.



Figura 47. Pokka Boeng o cogollo retorcido.

Carbón: *Ustilago scitaminea* Sydow

El nombre de carbón se deriva de la masa negra pulverulenta de esporas, que siempre está asociada con la enfermedad. El carbón de la caña puede reducir significativamente los rendimientos (figura 48). La severidad de los ataques y las pérdidas económicas

van desde insignificantes hasta niveles bastante graves. Las pérdidas en socas son mayores (hasta un 70%) con relación a plantillas (hasta un 29%).



Figura 48. Látigo del carbón.

Los tallos afectados por carbón aumentan la producción de miel por incremento de azúcares reductores y por disminución de la concentración de sacarosa. En Colombia, la enfermedad se ha presentado con mayor severidad en las variedades B 49119, CP 57603, CP 5973, NCO 310, CP 65357, Phil 5333, H 371933, Co 740, PR 1117, H 507209, HJ 5741, MZC 74275, Co 419 y Co 421.

Entre las variedades más cultivadas, la CP 57603 continúa siendo la de mayor incidencia de la enfermedad. Sin embargo, la alta afección en POJ 2878 posiblemente se deba a mezclas con variedades susceptibles, las cuales le someten a una presión de inóculo constante. La mejor forma de controlar la afección se logra mediante el uso de variedades resistentes. Igualmente, es importante estimular entre los productores de este cultivo el establecimiento de semilleros con material sano.

Roya: *Puccinia melanocephala* H. Syd & P. Syd

La enfermedad es causada por un hongo, que ataca el sistema foliar de la planta y se presenta con mayor intensidad en plantas de seis semanas a seis meses de edad. Inicialmente, desarrolla pequeñas manchas cloróticas y alargadas de color amarillento, visibles en ambos lados de la hoja. En este estado, se puede fácilmente confundir con un desorden genético llamado *flecking* o pecas genéticas; pero, al aumentar de tamaño, toman un color herrumbroso y se rodea de un halo amarillento pálido (figura 49).



Figura 49. Roya Puccinia.

Las lesiones forman pústulas en el envés, aunque puede también aparecer en el haz. Cuando el ataque es severo, las lesiones pueden producir coalescencia o unirse, formándose grandes áreas o secciones de color rojizo oscuro, y llegando al secamiento de las hojas. Después de los seis meses de edad, las plantas presentan una recuperación cuyo grado depende mucho del nivel de susceptibilidad de la variedad. La medida de control adecuada la constituye el cambio de la variedad B 4362 o aquellas consideradas altamente susceptibles por variedades resistentes,

tales como POJ 2878, EPC 54839, PR 61632 e ICA 6911. Los fungicidas aplicados al follaje han resultado ineficaces.

Enfermedades causadas por bacterias

Al cultivo de la caña le afectan enfermedades causadas por bacterias, las cuales se pueden definir como el ataque de microorganismos unicelulares que colonizan la planta de forma gradual a su desarrollo fisiológico. En el caso de la caña de azúcar, el raquitismo de la soca es la principal enfermedad causada por bacterias que se presenta en la HRS.

Raquitismo de la soca: *Clavibacter xyli subsp. xyli*

El raquitismo de la soca (RSD) ha sido registrado como una de las más importantes enfermedades en los países productores, por las grandes pérdidas que ocasiona (Davis et al. 1984). Las plantas afectadas generalmente sufren retardo en el crecimiento, tendencia a disminuir el número de tallos por cepa; los tallos son más cortos y delgados. En la zona del nudo, en algunos casos, puede presentar síntomas visibles caracterizados por coloraciones en formas de comas o puntos rojo anaranjados, síntomas que a nivel de campo son difíciles de apreciar.

El efecto principal de la enfermedad consiste en una reducción gradual del rendimiento a medida que aumenta el número de socas, el cual se puede correlacionar significativamente con el incremento en la incidencia de la afección, según el número de cortes efectuados. En general, se asume que el RSD reduce el rendimiento entre un 15 % y 30 %, según la variedad y condiciones de crecimiento. Cuando la variedad es afectada además por Mosaico, los efectos del Raquitismo pueden ser mayores.

La forma más económica para controlar la enfermedad es a partir del uso de variedades resistentes. En Colombia, la variedad PR 61632 ha mostrado buen desarrollo frente a la infección de la bacteria.

Enfermedades causadas por virus

Las enfermedades por virus son causadas por patógenos que no pueden ser percibidos a simple vista, solo a través de microscopios. Estos patógenos, por más pequeños que sean, son capaces de generar un gran caos en las plantas, ya que,

desde su forma simple, portan información genética, la cual es transmitida a la planta causando alteraciones en su conformación genética, que lleva, en la mayoría de casos, a la muerte. Las enfermedades más relevantes causadas por virus al cultivo de caña de azúcar en la HRS se presentan a continuación.

Mosaico

Antes conocida como "rayado amarillo", esta enfermedad se encuentra en casi todos los países donde se cultiva la caña comercialmente. El mosaico (SCMV) se caracteriza por sus síntomas en el follaje, cuya intensidad depende de la variedad y tipo o variante del virus. Su efecto, consiste en la destrucción de la clorofila y en las hojas afectadas, en donde se observan zonas verdes oscuras alternando con zonas cloróticas. El agente causal es transmitido por semillas y áfidos.

El principal efecto del mosaico radica en un retardo en el desarrollo de las plantas, con la consiguiente reducción en la producción, la cual depende de la variedad de caña afectada y de la variante o raza del virus del mosaico, así como de las condiciones ecológicas del lugar; las pérdidas pueden variar entre un 2,5 y un 33,4 %. El control de esta afección es una de las medidas más difíciles de ejecutar con éxito. Los sistemas más usuales son a través de eliminación de plantas enfermas, uso de semilla libre de enfermedad, siembra de variedades resistentes y prácticas de cultivo.

La eliminación de plantas enfermas puede mantener en niveles bajos la incidencia, dependiendo de la variedad o variante del virus, la cual se considera una práctica costosa por el número de jornales que se requiere. Entre las variedades cultivadas en nuestro medio se destacan como altamente resistentes las variedades POJ 2878, POJ 2714 y Azul Casagrande; y resistentes las CP 3834, Co 419, Co 421, B 49119, EPC 54839, EPC 48863, PR 61-632, RD 75-11 y PR 1141.

Raya clorótica

Esta es una enfermedad de posible origen viral, causante de grandes pérdidas en las variedades susceptibles, que se presenta en muchos países azucareros. Se caracteriza por presentar bandas continuas amarillentas en las hojas adultas y discontinuas en las hojas jóvenes o en los estados iniciales de la infección. En estados avanzados, estas bandas pueden presentar necrosis del tejido en la parte central de la lesión. Se observa más frecuentemente en plantas adultas próximas a la cosecha y con menor intensidad en plantas jóvenes.

La importancia económica de la afección radica básicamente en la reducción de la germinación de la semilla proveniente de plantas enfermas, tanto en plantilla como en soca y disminución en el rendimiento. Normalmente, en tierras bajas y mal drenadas hay mayor incidencia, lo mismo que en suelos pobres. Entre las medidas de control, además de someter la semilla a los efectos de la temperatura, también se incluye el uso de variedades resistentes entre las cuales la POJ 2878, CP 3834, POJ 2714, Co 419, Co 421 y EPC 48863 son moderadamente susceptibles. Presentan un follaje clorótico, tallos delgados, más cortos y, finalmente, se marchitan durante los periodos de sequía. Se han registrado reducciones en los rendimientos superiores al 25 %. Como BPA se recomienda una buena fertilización orgánica.

Capítulo V

Cosecha, corte, alce y transporte

Una vez la caña está madura se hace el aprovechamiento del cultivo, el momento de la cosecha se define por la madurez fisiológica de la caña en el cual el Brix se equilibra en la parte baja, media y alta del tallo.

Maduración y cosecha

La variedad, la edad y las condiciones físicas (suelo, clima y luminosidad principalmente) en que se desarrolla el cultivo cumplen una función fundamental en la producción de tallos y en la concentración de los azúcares (figura 50). La edad de cosecha o periodo vegetativo del cultivo dependen de la variedad y, principalmente, de la altura sobre el nivel del mar, factores que influyen en la concentración de sacarosa. A baja altura, la concentración es menor y va aumentando con la altura, hasta llegar a un máximo teórico de sacarosa del 26 %. Las cañas muy jóvenes o biches, las muy viejas, las caídas y las dañadas por cualquier motivo presentan una menor concentración de azúcares.



Figura 50. Corte de caña madura.

Si se desea producir panela de buena calidad, se deben seleccionar cañas maduras, con alto contenido de sacarosa; pero si se desea producir miel se recomienda emplear cañas inmaduras, con alto contenido de azúcares reductores, para disminuir su cristalización.

El momento de cosechar se debería establecer cuando se alcance el punto de máximo de rendimiento, que debe coincidir con el punto de madurez. La mayoría de los productores en la HRS, establecen el punto de madurez de la caña de acuerdo con el color de los tallos, la reducción de la longitud de los entrenudos y el tamaño de las hojas. La madurez de la caña se logra cuando la concentración de los azúcares es igual o semejante en la base y en la parte terminal del tallo.

Para determinar el índice de madurez se utiliza un instrumento muy sencillo llamado refractómetro. Este instrumento mide la concentración de sólidos solubles que posee la caña de azúcar. Para determinar el índice de madurez, se deben hacer dos lecturas de los sólidos solubles. Uno, en el séptimo entrenudo, contando de arriba hacia abajo; y, otro, en el segundo o tercer entrenudo, a partir del suelo. Luego, se debe dividir el valor obtenido en la parte superior de la planta sobre el de la base.

El resultado se define como el índice de madurez. Se tiene una escala simple para evaluar este índice; si los sólidos solubles determinan un IM menor a 0,95, se clasifican como cañas inmaduras y no aptas para corte; si está entre 0,95 y 1, son cañas maduras y es el punto óptimo de corte; y, si el resultado es mayor a 1, se consideran cañas sobremaduras, lo que puede afectar los rendimientos de jugo y panela.

Cálculo del índice de madurez. La concentración de sólidos solubles (grados Brix) se mide con un refractómetro en el séptimo entrenudo, contando de arriba hacia abajo; de la misma forma se mide la concentración de sólidos solubles de varios tallos en el segundo o tercer entrenudo, a partir del suelo. Luego se divide el resultado obtenido en la parte superior de la planta por el valor obtenido en la base. El índice de madurez de la caña se define con el refractómetro de la siguiente forma:

- Caña inmadura: menor de 0,95
- Caña madura: entre 0,95 y 1
- Caña sobremadura: mayor de 1

Corte, alce y transporte

La caña para la producción de panela en la HRS se cultiva generalmente en terrenos donde predominan las laderas, que restringen el empleo de tecnologías de mecanización de algunas labores, redundando en el empleo de bastante mano de obra, resultando en altos costos de producción, principalmente en el corte y transporte de la caña.

Corte

En la producción de panela para la HRS, el corte se hace bajo la modalidad de corte parejo (figura 51). Este sistema se utiliza en cultivos tecnificados y siembras comerciales, donde se realiza la siembra a chorrillo y donde el crecimiento de los tallos es uniforme y maduran a la misma edad. El corte implica todos los tallos presentes en el lote. Este sistema permite obtener unos jugos de mayor homogeneidad en su concentración de azúcar, mayores rendimientos en la operación del corte y, por tanto, menores costos de producción.



Figura 51. Corte parejo.

Alce

Las cañas cosechadas son recogidas manualmente y encarriladas, en el medio de transporte utilizado (figura 52). Cuando el transporte se realiza en mulares, las personas encargadas de esta labor alzan la caña, la colocan en las angarillas, y guían las mulas hacia la unidad productora de panela; generalmente se emplean

dos alzadores por cada cortero. Si el transporte es en vagón (figura 53) remolcado por un tractor, se emplea un alzador por cada tres corteros para alzar y acomodar la caña.



Figura 52. Alce de caña de azúcar en mulas.



Figura 53. Remolque de caña.

Transporte de la caña de azúcar para panela

En la HRS, el transporte de caña se realiza en mulares, camiones, volquetas, y remolques tirados por tractores, siendo el transporte con mulares (figura 54) el de

mayor tradición y adaptación a las condiciones topográficas; la utilización de los dos últimos sistemas se limita a las condiciones climáticas de la zona y a la topografía.



Figura 54. Transporte de caña en mulares.

El transporte con mulares, debido a su baja inversión económica y sus facilidades de adaptación a las diferentes topografías, es culturalmente el sistema más empleado en cualquier época del año.

Transporte de caña en volqueta

Los camiones y volquetas se usan generalmente para transportar caña a largas distancias (figuras 55 y 56). Este sistema de transporte por lo general es combinado con mulas, debido a que los vehículos no tienen acceso a las fincas.



Figura 55. Transporte de caña en volqueta.



Figura 56. Cargue de volqueta.

Finalmente, el sistema de transporte en volquetas ha obligado a buscar y adaptar diferentes formas de descargue, para facilitar las labores de transformación. En este sentido, en la HRS este proceso se está realizando mediante manila (figura 57), que consiste en halar todo el paquete de caña que ha sido amarrado desde el proceso de cargue en el lote.



Figura 57. Camión descargándolo con manila.

Capítulo VI

Manejo agroindustrial de caña de azúcar para la producción de panela en la hoya del río Suárez

La producción de panela en la HRS ha evolucionado conforme se introducen nuevas tecnologías en el proceso que han mejorado la eficiencia energética y el aumento de los rendimientos en producción. No obstante, la adopción de estas tecnologías no ha sido tan rápido. A continuación, se presentan aspectos generales que se deben tener en cuanto a la hora de planificar la construcción de un trapiche para la elaboración de panela.

Aspectos generales del trapiche

El trapiche panelero es la planta de proceso para la producción de panela o miel. Comprende las instalaciones donde se ubican los equipos necesarios para realizar las operaciones que permiten transformar la caña en panela.

Según Garcia et al. 2007, el trapiche constituye el eje central de la unidad productiva finca trapiche (UPFT), y para su establecimiento se recomienda tener en cuenta diversos factores en cuanto a localización y accesos, los cuales se enumeran a continuación:

- Equidistancia a los cultivos de caña. Por facilidad de transporte de la caña desde todos los sitios de la finca.
- La ubicación del trapiche debe favorecer el cargue del producto terminado, es decir, estar cerca de vías de acceso carretable y contar con servicio de electricidad, facilidad de acceso a vías y caminos, acceso a redes eléctricas y topografía que no presente fallas geológicas.
- Para favorecer la inocuidad del producto final por contaminación cruzada, se recomienda que las instalaciones pecuarias se ubiquen a mínimo 50 metros de los trapiches, para evitar la contaminación cruzada y anidamiento de plagas.
- No estar muy cerca a la casa o zonas de descanso de productores. Conservar una distancia prudente a zonas habitadas, para evitar que el funcionamiento del trapiche afecte la salud o el bienestar de la comunidad.

- Debe proveerse un mantenimiento continuo a los alrededores del trapiche como forma de mejoramiento inocuidad y disminución riesgos laborales. Los alrededores y accesos deben permanecer limpios, libres de basuras, residuos sólidos y objetos en desuso.
- La normatividad actual define que el trapiche debe disponer de servicios sanitarios para los trabajadores y deben estar bien dotados con elementos de aseo, que favorecen la reducción de contaminación producto final.
- En cuanto al diseño y construcción del trapiche, se recomienda que la cubierta cuente con cambios de nivel o caballetes para permitir la salida del vapor (generado durante el proceso de elaboración de la panela).
- Para favorecer la cosecha de aguas lluvias, se recomienda establecer un sistema de canales en las alas del tejado, conectado a un tanque o depósito de aguas. En zonas donde el verano es fuerte, esta opción es aplicada y valorada por los mismos productores.
- La estructura del cuarto de moldeo, que es una sección al interior del trapiche, debe poseer muros en bloque y pisos en concreto, todo debidamente pañetado y pintado con pintura epóxica lo que favorece la inocuidad de los productos.

A continuación, se describen los requisitos fisicoquímicos que debe cumplir la panela, según la Resolución 779 (Colombia 2006) (tabla 17).

Tabla 17. Requisitos fisicoquímicos de la panela

Requisito de calidad	Panela bloque		Panela pulverizada	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Azúcares reductores, expresados en glucosa (%)	5,5	-	5,74	-
Azúcares no reductores expresados en sacarosa (%)	-	83%	-	90
Proteína en % (N x 6,25)	0,2	-	0,2	-
Ceniza (%)	0,8	-	1	-
Humedad (%)	-	9	-	5
Plomo expresado con Pb en mg/kg	-	0,1	-	0,1
SO ₂ negativo				
Colorantes (negativo)				

Fuente: Fedepanela (2009)

Proceso de elaboración de la panela

El proceso de producción de panela se ha venido diferenciando del proceso agronómico del cultivo, ya que esta etapa se determina como fundamental y la materialización del cultivo en panela como producto terminado, esta elaboración se ha enmarcado en las BPM, que contemplan, entre otros aspectos, la utilización de indumentaria adecuada para la elaboración de panela (figura 58). En síntesis, las BPM buscan incrementar la eficiencia del proceso, mejorar la calidad del producto y reducir los riesgos al ser humano y al medio ambiente.



Figura 58. Elaboración de panela, ajustado a las BPM.

Etapas de producción de panela en la hoya del río Suárez

Técnicamente, se pueden definir muchas etapas en el proceso de elaboración de panela; sin embargo, los productores, con base en su conocimiento y entendimiento, definen algunas etapas que involucran otras como fundamentales para el proceso de elaboración de panela, las cuales se presentan de manera breve a continuación:

Apronte y almacenamiento de caña

Como en todas las partes del país donde se cultiva caña de azúcar para panela, en la HRS el apronte también representa el conjunto de operaciones que se realizan para almacenar un volumen de caña suficiente en el trapiche, para realizar una

operación continua de producción de panela. La caña se almacena para asegurar el permanente aprovisionamiento de materia prima en el trapiche (figura 59).



Figura 59. Apronte de caña.

El tiempo del apronte y almacenamiento debe ser lo más corto posible para evitar la deshidratación del tallo y la aceleración en el desdoblamiento de la sacarosa (glucosa y fructuosa), lo que redundaría en disminución de la producción de panela y de su calidad. Ya en el trapiche, la caña no debe permanecer en espera por más de tres días en almacenamiento bajo sombra (figura 60), pues al sobrepasar este tiempo se presentan aún mayores incrementos en los contenidos de azúcares reductores, lo que afecta la eficacia del proceso de limpieza, obteniendo una panela de consistencia excesivamente blanda (panela seruda o de mal grano si es pulverizada). En cualquier condición, es recomendable almacenar la caña bajo techo para protegerla del sol. Finalmente, la caña se debe acopiar sobre pisos en cemento (García 2004).



Figura 60. Almacenamiento de caña.

Extracción de jugos

En esta operación, se separan el jugo y el bagazo. La caña se somete a compresión en los rodillos, molinos de tres rodillos o mazas accionados por motores eléctricos o Diesel, mediante un proceso de extracción seca, lo cual propicia la salida del contenido del líquido de los tallos. Se consideran satisfactorias aquellas extracciones entre 58 y 63 %, es decir, cuando se obtienen de 580 a 630 kilogramos de jugo por tonelada de caña. Los productos finales de esta fase son el jugo crudo y el bagazo: el primero es la materia prima que se destina a la producción de panela; el segundo se describirá más adelante.

La cantidad de panela varía según el porcentaje de extracción del molino y la concentración de los sólidos solubles (grados Brix), así: a mayor porcentaje de extracción y a mayores grados Brix, mayor cantidad de panela por tonelada de caña. En los molinos paneleros, la extracción fluctúa normalmente entre 40 y 65 %, y la concentración de los sólidos solubles en el jugo crudo, entre 16 y 22 °Brix.

La transformación del jugo en panela alcanza de 90 a 92 °Brix y, del total de jugo procesado, entre 2 % y 3 % se convierte en cachaza, la cual, al deshidratarse, se transforma en una masa gelatinosa llamada melote, importante en la alimentación animal.

Bagazo

En el proceso de molienda también se obtiene un residuo sólido llamado bagazo verde (figura 61), cuya humedad depende del grado de extracción del jugo, que fluctúa entre 50 y 60 %. Este bagazo es llevado y almacenado en cobertizos llamados bagaceras, hasta que alcance una humedad inferior al 30 %, y posteriormente utilizado en las hornillas como combustible. Para alcanzar este porcentaje de humedad, se debe almacenar en pilas altas, dejando un espacio entre montón y montón, de manera que el aire circule y lo seque. Además, se recomienda poner un tubo de PVC o una caneca en el centro de la pila o montón, para que se facilite el secado.



Figura 61. Bagazo.

Limpieza de jugos

En esta etapa, se retiran impurezas que afectan el proceso y calidad de la panela. Las impurezas pueden ser: gruesas, que se retiran por medios físicos (decantación y flotación en el prelimpiador); otras menos gruesas, que se retiran con ayuda de los procesos térmicos en las primeras pailas (sobrenadante) y, finalmente, unas más finas, que se retiran a través de procesos bioquímicos (con los aglutinantes).

Todo este proceso es definido como limpieza de los jugos, pero en realidad comprende tres operaciones bien definidas por los productores de panela, que se denominan: prelimpieza, clarificación y encalado.

Prelimpieza

El jugo extraído pasa a un tanque desarrollado por Corpoica-Cimpa, denominado "prelimpiador" (figura 62), que actúa como filtro y elimina materiales pesados, y materiales livianos como hojas, tierra, arena y bagacillo. El jugo crudo (guarapo) y sin clarificar se limpia en frío utilizando un sistema de decantación natural, por efecto de la gravedad.



Figura 62. Prelimpiador.

El prelimpiador es de fácil operación y va retirando las partículas o impurezas de la superficie; también, de forma regular, se deben retirar los tapones de los orificios inferiores para evacuar los lodos acumulados en el fondo del prelimpiador. Otra labor necesaria es asear como mínimo dos o tres veces durante la molienda. Estas labores constituyen una BPM en el manejo de este equipo.

Finalmente, el jugo sale del prelimpiador por la parte intermedia y se dirige hacia la paila recibidora de la hornilla panelera a través de una tubería. La prelimpieza elimina precursores que dañan el color de la panela y contribuye a mantener la calidad del jugo sin que se fermente o avinagre.

Así mismo, el prelimpiador debe estar situado entre la salida del molino y el pozuelo o paila recibidora, aprovechando la gravedad para la conducción de los jugos. Cuando el volumen de molienda es como mínimo de una tonelada de caña por hora, con extracciones de jugo mayores al 55 %, es recomendable ubicar un segundo pelimpiador a continuación del primero, para asegurar la completa limpieza de los jugos. Los prelimpiadores se deben construir en acero inoxidable y las dimensiones varían de acuerdo con el volumen de molienda de cada trapiche.

Clarificación

Esta fase tiene lugar en la paila recibidora o descachazadora (figura 63), y consiste en la eliminación de las cachazas que son sólidos en suspensión, tales como bagacillos, arena, tierra, sustancias coloidales y sólidos solubles presentes en el jugo de la caña. La limpieza de los jugos ocurre gracias a la acción combinada del calentamiento suministrado por la hornilla, y la acción aglutinante de ciertos compuestos naturales permitidos dentro de las BPM, como las cortezas de cadillo, balso, guácimo, entre otros.



Figura 63. Paila recibidora.

Al macerar las cortezas de algunos árboles y arbustos, como el balso, el guácimo y el cadillo, se obtiene un mucílago que contiene polímeros celulósicos con propiedades aglutinantes. Este mucílago o sustancia clarificante se sumerge directamente en el jugo cuando se alcanzan temperaturas entre los 60 y los 70 °C; la primera cachaza que se retira es la negra, antes de ebullición; luego, se

agrega más sustancia clarificante para retirar la cachaza blanca, a 92 °C aproximadamente.

Una buena clarificación determina, en gran parte, la calidad final de la panela, lo que incluye su color. La cachaza es llevada a la paila melotera donde se concentra hasta 45-50 °Brix, llamada melote, y se emplea en la alimentación animal; se puede almacenar por un periodo prolongado.

Encalado

En la última parte de la limpieza se adiciona cal (figura 64), preparando una lechada o disolución de cal en agua. Esto se hace con el objeto de regular la acidez de los jugos a un valor de pH de 5,8, para prevenir la formación de azúcares reductores (panela seruda o melcochuda), y ayudar a la clarificación de los jugos. Para cumplir con la BPM, la cal usada debe ser de tipo alimenticio, de forma tal que no se contamine la panela y se obtenga un producto inocuo.



Figura 64. Cal.

Se ha observado que se requiere mayor inclusión de cal cuando la caña proviene de suelos recién desmontados o ricos en materia orgánica, así como cuando proviene de cortes inmaduros o sobremaduros, de primer corte, con cuatro o más días de apronte, o la caña de tallos muy afectados por barrenadores.

Evaporación y concentración

Cuando los jugos se han recogido en el fondo de la paila puntera, se agrega un agente antiadherente y antiespumante (cera de laurel, aceite de coco, aceite vegetal) para homogenizar la miel y evitar que se quemé la panela (figura 65). Estas actividades se llevan a cabo en pailas o fondos dispuestos en línea, que reciben diferentes denominaciones técnicas y regionales.



Figura 65. Evaporación y concentración.

Las investigaciones realizadas por Corpoica-Cimpa permitieron la fabricación de pailas eficientes y de mejor aprovechamiento del calor disponible. Dicho proceso condujo a la reducción de los tiempos de residencia, a la optimización de las características físicas del producto (color y consistencia), al aumento de los volúmenes de producción y al incremento del ingreso de los cañicultores.

La notable eficiencia térmica de la hornilla va de la mano con su bajo impacto sobre el medio ambiente, objetivo que se logró al reemplazar los combustibles adicionales, como la leña y llantas, por el uso del bagazo únicamente. Este beneficio ambiental propicia la conservación del recurso bosque y la reducción de emanaciones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, al tiempo que se disminuyen los costos de producción, la evaporación y la concentración.

La eficiencia térmica de la hornilla y su efecto sobre los jugos se cuentan dentro del conjunto de factores que influyen en la calidad de la panela. Cuando los jugos alcanzan un contenido de sólidos solubles cercano a 70 °Brix, adquieren el nombre de mieles, y se inicia la concentración.

Punteo

Terminada la clarificación, se inicia el proceso de evaporación del agua, aumentando así la concentración de azúcares en los jugos; esta técnica es denominada "punteo" (figura 66). A las mieles recogidas en la paila puntera se les agrega un agente antiadherente y antiespumante (aceite de higuera, cera de laurel, aceite de coco o aceite vegetal) para evitar que la miel durante la ebullición rebosa la altura de la paila, y para impedir que las mieles se adhieran a las paredes de la paila, evitando la caramelización y quemado. La evaporación del agua contenida en la miel permite alcanzar la concentración de sólidos de la panela (punto) entre 91 y 94 °Brix, y a temperaturas entre 120 y 125 °C.



Figura 66. Paila punteadora.

Batido y moldeo

Una vez la miel ha sido batida, se aprecia la cristalización y presenta una nueva textura (panela), se dispone en moldes o gaveras, (figura 67). En ese momento, adquiere su forma definitiva y se solidifica. Este proceso se lleva a cabo en un cuarto destinado exclusivamente para esta actividad, con suministro de agua (de buena calidad) permanente para asear los diferentes elementos empleados en el moldeo de la panela.

El cuarto de moldeo debe estar lejos de las bagaceras y rodeado de malla polisombra, para evitar la entrada de polvillo, insectos (como abejas) y demás elementos que puedan afectar la calidad de la panela que se puede producir en bloques, cuadros, redondas en recipientes llamados gaveras o en forma pulverizada, para cuyo propósito se requiere de una batea especial.



Figura 67. Gaveras dispuestas en cuarto de batido y moldeo.

Las gaveras se encuentran ubicadas sobre mesas de madera, cemento o metálicas (acero inoxidable); en estas gaveras es depositada la panela en su estado líquido o a punto con la ayuda de palas de madera, para hacer la distribución homogénea de esta por todos moldes. A la persona que realiza este proceso se le denomina colinche.

Ventajas del cuarto de moldeo

- Mejora las condiciones higiénico-sanitarias de la panela.
- Evita la entrada de animales, insectos y personas extrañas al sitio de elaboración, con lo cual se disminuyen las posibilidades de contaminación y pérdidas del producto.
- Mejora las condiciones de trabajo.
- Eleva la calidad de la panela.
- Los costos de construcción por kilogramo de panela son mínimos comparados con las ventajas que se pueden obtener.

- Requiere para su construcción una tecnología fácilmente disponible para cualquier constructor.

Consideraciones sobre la incidencia de la higiene en el cuarto de moldeo

- El cuarto de moldeo se ubica en un lugar aislado de cualquier foco de insalubridad, distante de las instalaciones sanitarias, separado de la vivienda y comunicado con la bodega.
- El área del cuarto de moldeo depende de la capacidad de producción, la forma de presentación, el tiempo de enfriamiento, el empaque y el retiro del producto final.
- En las instalaciones, las superficies deben ser lo más lisas posibles y libres de grietas. Los materiales de los implementos son en aluminio y en acero inoxidable.
- El piso debe ser una superficie plana, sin escaleras y estructuras complementarias, con una inclinación de 3 grados, para evitar el empozamiento del agua.
- Los pisos se deben recubrir con antideslizantes y anticorrosivos, y que no generen sustancias o contaminantes tóxicos.
- Las aguas utilizadas en la limpieza deben tener un tratamiento adecuado antes de arrojarse al ambiente.
- Se deben hacer canaletas alrededor de las mesas.
- En el techo se sugiere colocar un cielo raso en teja plástica, con una inclinación de 5 grados, y que permita el paso de la luz.
- La pintura epóxica en colores claros presenta mayor vida útil y resistencia.
- Las paredes se unen al techo para impedir el paso del vapor del área de proceso.
- Las ventanas que comunican al área de proceso se aíslan con un vidrio para evitar el paso del vapor.
- Las demás ventanas se protegen con una malla para impedir el paso de los insectos.
- Las puertas auto-cerrables mantienen el cuarto aislado de personal no autorizado.
- La iluminación, tanto natural como artificial, debe ser uniforme y que no altere los colores naturales.
- Los equipos y utensilios fabricados ergonómicamente disminuyen el esfuerzo físico del operario. Se construyen en materiales como el acero inoxidable o el teflón (no absorbentes).
- El tanque de lavado tiene la conexión para aguas negras para verter directamente al alcantarillado.

Empaque

La panela es un producto con cualidades higroscópicas, lo cual significa que absorbe o pierde humedad por su exposición al ambiente; ello depende de las condiciones climáticas del medio y de la composición del producto. Así mismo, es propensa a sufrir alteraciones cuando presenta concentraciones altas de azúcares reductores, bajos contenidos de sacarosa y alta humedad, por lo que el buen empaque es fundamental para la preservación de la calidad del producto.

El riesgo de no empacar la panela es que puede aumentar su absorción de humedad y, por ello, la panela se ablanda, cambia de color, aumenta los azúcares reductores y disminuye la sacarosa; en estas condiciones es propensa a la contaminación por microorganismos. Si la panela elaborada posee entre 7 y 10 % de humedad, es necesario empacarla, transportarla, distribuirla y consumirla con rapidez, ya que un almacenamiento prolongado deteriora su calidad.

Para un buen empaque los materiales plásticos termoencogibles y las láminas de aluminio plastificado son ideales para almacenar la panela durante largos periodos, sin que se modifiquen sus características organolépticas. La panela en bloque se puede empacar en costales, cartón y plástico termoencogible. El más recomendado es el cartón, por cumplir su misión de aislar el producto, evitando que absorba humedad y, además, es reciclable. La panela pulverizada se recomienda empacarla en bolsas de polipropileno biorientado.

Almacenamiento

En la unidad productora de panela se dispone un área de almacenamiento comúnmente llamada bodega (figura 68), proporcional al volumen de panela producido, con espacios libres para la circulación del personal, el traslado de materiales o productos, y la realización de la limpieza y el mantenimiento de la respectiva área.

Según estudios realizados por Corpoica-Cimpa, la panela debe ser almacenada en ambientes de humedad relativa inferior al 70 %, ya que esta absorbe o pierde humedad dependiendo de tres factores: 1) propiedades inherentes de la panela, 2) temperatura y 3) humedad relativa del ambiente. Las cajas o bultos se deben colocar sobre estibas plásticas y retirados de las paredes; no se deben hacer arrumes muy altos, porque deteriorarían las cajas ubicadas en la parte inferior.

Los recipientes de embalaje deben ser cajas de cartón corrugado, con una resistencia tal que permitan la manipulación hacia el área de almacenamiento sin deteriorarse, mientras se lleva a los centros de comercialización. Los empaques más recientes son los termoencogibles, con las etiquetas y código de barras.



Figura 68. Almacenamiento de panela.

Características para el empaque de panela

- Usar un empaque que identifique el producto.
- Utilizar un material resistente como el polipropileno biorientado o laminado.
- Imprimir el logotipo directamente en la bolsa.
- Especificar la cantidad: una libra, un kilo, etc.
- El empaque debe llevar información clara de su contenido y tipo de producto.

Capítulo VII

Descripción de hornillas y tecnologías emergentes de la agroindustria panelera en desarrollo en la hoya del río Suárez

Hornilla panelera

La hornilla panelera es el lugar donde se lleva a cabo el proceso de conversión de jugo a panela (figura 69). Además, es el implemento del trapiche encargado de transformar la energía del combustible en energía calórica, para evaporar el agua contenida en los jugos extraídos de la caña. En la HRS las hornillas operan en flujo combinado, es decir, inicialmente los jugos siguen la dirección opuesta al flujo de los gases y luego se mueven en el mismo sentido. En la actualidad se están reformando muchas hornillas y ajustándolas más a las recomendaciones del modelo cimpa (figuras 70 y 71).

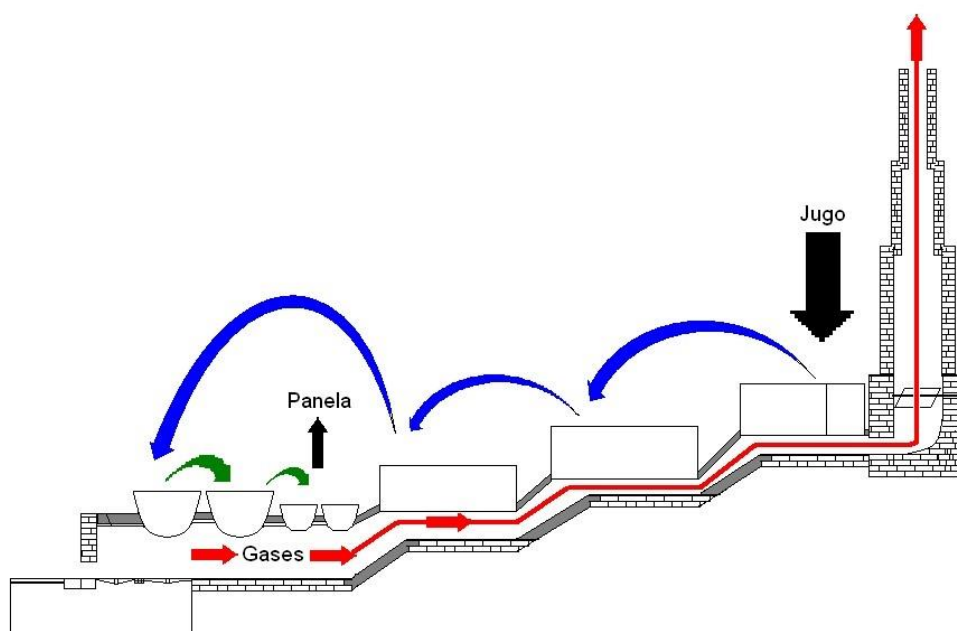


Figura 69. Esquema de una hornilla.

Fuente: Elaboración propia



Figura 70. Instalación de hornilla panelera (tradicional) de la HRS.



Figura 71. Instalación de hornilla panelera (tipo Cimpa) de la HRS.

La hornilla consta de:

- Una cámara donde se queman el bagazo y otros combustibles
- Un juego de seis a ocho pailas destinadas a traspasar los jugos para la evaporación del agua y la concentración de la panela
- Un ducto a través del cual se conducen los gases calientes para calentar las pailas
- Una chimenea por donde salen los gases y con la cual se logra una diferencia de presión para el adecuado flujo de los gases en el ducto

La forma y el tamaño de una hornilla panelera varían mucho (figura 70 y 71) entre una región panelera y otra, pero, en general, se puede decir que está formada por

la cámara de combustión, el área de evaporación (pailas), el ducto de humos y la chimenea.

Cámara de combustión

Allí se lleva a cabo el proceso de ignición (quema) entre el bagazo y el aire (figura 72). Es una cavidad donde se queman el bagazo y demás combustibles empleados en la fabricación de panela, que consta de una boca para la alimentación de combustible, que es una abertura por donde el operario introduce el bagazo a la cámara de combustión. Se puede construir en diversos materiales y formas; lo más común es encontrar puertas de forma cuadrada o rectangular construidas en hierro fundido.



Figura 72. Puerta para la alimentación del combustible a la hornilla.

La parrilla

Es un enrejado formado por un conjunto de barrotes tendidos horizontalmente. Su función es servir de lecho al bagazo, permitiendo la entrada de aire necesario para la combustión y el paso de las cenizas hacia el cenicero. La parrilla se construye en ladrillo común, rieles de ferrocarril, barrotes en hierro fundido y otros.

Cenicero

Este es un compartimiento construido en ladrillo (figura 73), con ductos formados por excavaciones directas en la tierra; los más recientes son construidos en ladrillos refractarios que resisten altas temperaturas.



Figura 73. Cenicero.

En las hornillas paneleras existen dos tipos de cámara de combustión: plana (Figura 74) y Ward (figura 75). Para su selección se tienen en cuenta: humedad y tamaño del bagazo, temperaturas requeridas, capacidad de la hornilla y aspectos socioculturales y económicos. La cámara plana requiere para su funcionamiento bagazo con 30 % de humedad, y permite una combustión con porcentajes de monóxido de carbono (CO), aproximadamente del 5 %. La cámara Ward consta de un área adicional en la cual se realiza un precalentamiento del bagazo para disminuir su humedad, y trabaja con bagazo salido directamente del molino con humedades promedio de 45 %. En estas cámaras se logra una mejor combustión del bagazo, consiguiendo porcentajes de CO cercanas al 1 % y mayores temperaturas de combustión en promedio de 1.100 °C. Su costo es superior al de la cámara plana y requiere para su construcción de material refractario.

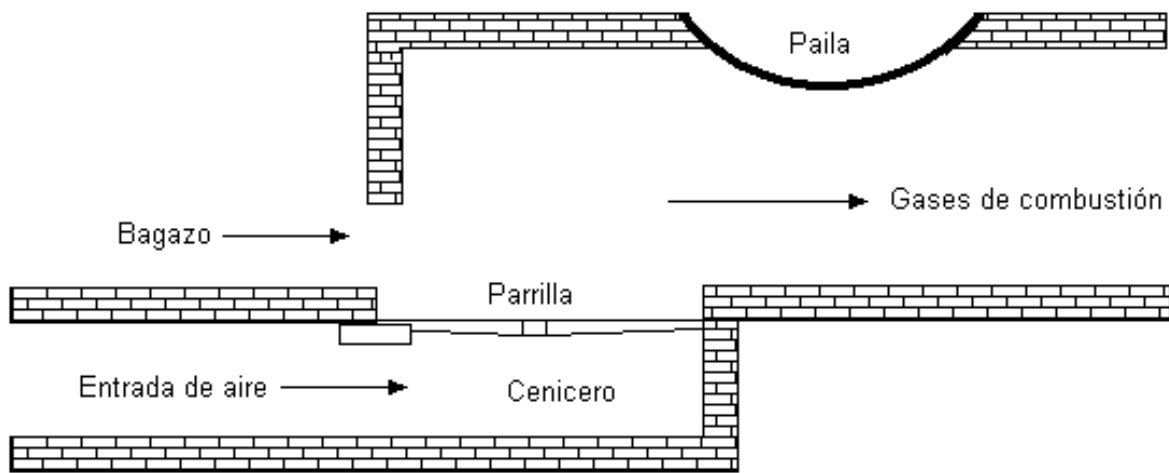


Figura 74. Cámara plana mejorada de una hornilla panelera.

Fuente: Elaboración propia

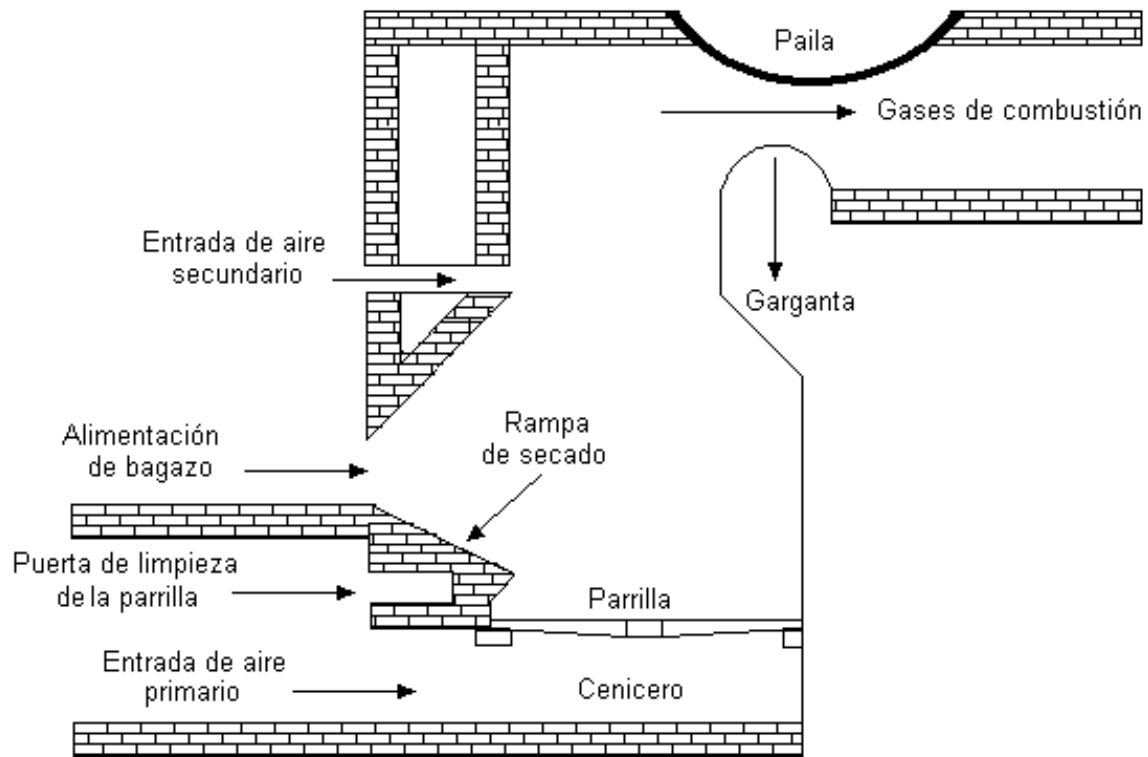


Figura 75. Cámara Ward de una hornilla panelera.

Fuente: Elaboración propia

Pailas

También denominadas batería de concentración (figura 76), las pailas o fondos metálicos sirven para realizar la transferencia de calor entre los gases de combustión y los jugos o mieles, con el objetivo de llevar a cabo las etapas de clarificación y evaporación del agua en el proceso de elaboración de la panela.



Figura 76. Batería de concentración de hornilla panelera.

El tamaño, la forma y el material de fabricación de las pailas varían de acuerdo con las necesidades propias de cada trapiche y el desarrollo tecnológico de cada región. Las más utilizadas son de forma semiesférica, aunque también se utilizan planas y semicilíndricas; la parte en contacto con los gases de combustión es de sección transversal cuadrada o rectangular.

Por lo general, se fabrican en cobre, aluminio, acero inoxidable o hierro. Para aumentar en las hornillas la transferencia de calor (eficiencia térmica), existen pailas modificadas dentro de las que se encuentran la aleteada, pirotubular, piroaleteada y acanalada (figura 77), diseños desarrollos por Corpoica, que aumentan el área de contacto de los gases con la paila, para ganar mayor cantidad de energía.

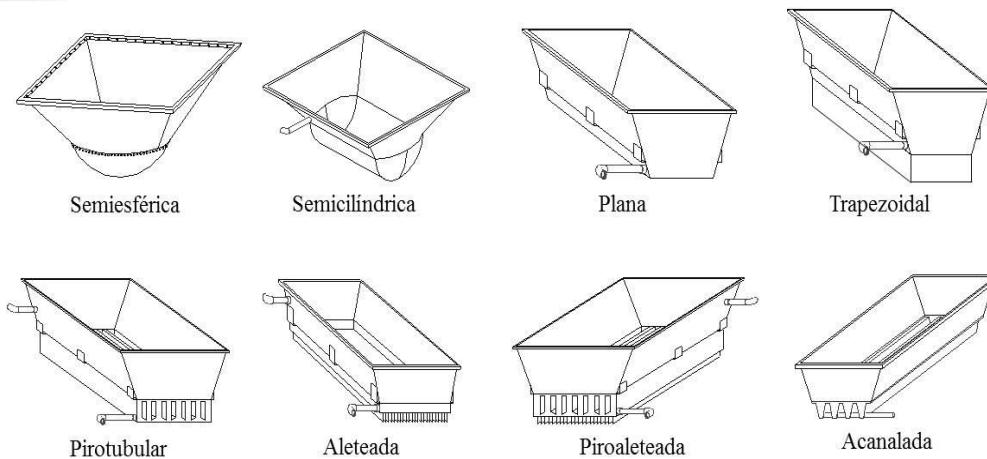


Figura 77. Diseños de pailas utilizadas para la fabricación de panela.

Fuente: Elaboración propia

Para controlar la espuma de los jugos en ebullición y evitar su desbordamiento, se incrementa el volumen de las pailas mediante paredes de cemento, madera o lámina metálica, denominadas falcas.

Cachaceras

Estos son recipientes donde se depositan las impurezas retiradas en forma manual en el proceso de clarificación.

Ducto de humos

El ducto de humos es un canal ubicado a continuación de la cámara de combustión, cuya función es dirigir los gases de la combustión hacia la chimenea, permitiendo el calentamiento de los jugos a través de las pailas. Se encuentran ductos formados por excavaciones directas en la tierra, así como otros hechos en ladrillo común de albañilería y, más recientemente, en ladrillos refractarios que resisten altas temperaturas, diferenciando piso, paredes y muros.

Chimenea

Conducto vertical que empalma con la hornilla al final del ducto (figura 78), cuya función es la de producir la succión de aire necesaria para quemar el combustible y generar el tiro requerido para transportar los gases a través de la hornilla. Se encuentran de forma cilíndrica, tronco de pirámide o de cono construido en ladrillo común o lámina de hierro.



Figura 78. Chimenea de hornilla panelera.

Tecnologías emergentes de la agroindustria panelera

A continuación, se hace una breve descripción de un conjunto de técnicas y herramientas que se están incorporando al proceso de elaboración de panela, ya que resultados de investigación han definido las ventajas que presentan en cuanto a la mejora en la calidad del producto final y la reducción de costos que pueden representar su incorporación. Estas técnicas y herramientas se están implementando en algunos municipios de la HRS con productores definidos y coinvestigadores. Los recursos de estas implementaciones se dan en el marco de financiamiento por parte del MADR para el desarrollo sostenible del sector panelero.

Filtro de mangas

Después de la etapa de clarificación, se realiza una operación de filtración del jugo, que retiene materiales que no pudieron ser removidos en la etapa de clarificación, y que son indeseables en el producto final. Para realizar dicho filtrado del líquido, Corpoica desarrolló un filtro de mangas a presión (Figura 79) que se compone de: una bomba, el cuerpo del filtro, mangas y tubería de entrada y salida de jugo. Cabe aclarar que este filtro es utilizado para tecnología a vapor cerrado o abierto.



Figura 79. Filtro de mangas a presión.

Evaporador múltiple efecto

La evaporación del agua presente en el jugo también se puede llevar a cabo a través de un sistema de evaporación múltiple-efecto (Figura 80). Esta tecnología fue recientemente implementada en la HRS por Corpoica.



Figura 80. Evaporador múltiple-efecto para la producción de panela (hacienda Santa Bárbara, Suaita, Santander).

Ventajas que trae la implementación de tecnología de evaporación múltiple efecto (EME)

El EME es un desarrollo tecnológico que busca integrar varias soluciones y mejoras al sistema de producción de panela. De forma breve, se describen las características generales de este.

- Disminuye el suministro de bagazo en relación a las hornillas paneleras con evaporación abierta o tradicional.
- Se acorta el tiempo de calentamiento del jugo y es posible recuperar el agua que se evapora para diferentes usos.
- Debido a que la operación de evaporación es cerrada, se reduce la presión y, por tanto, la temperatura de ebullición de la miel, reduciendo el tiempo de residencia y de exposición a altas temperaturas del jugo.
- Del sistema de evaporación múltiple-efecto se obtiene una miel de 70 °Brix, a una temperatura de 75 °C, aproximadamente.

Los siguientes son los requerimientos para el funcionamiento de un evaporador múltiple-efecto para el proceso de producción de panela:

- Una capacidad de producción superior a 200 kg/ha de panela.
- Un área sembrada en caña superior a 60 ha.
- Suministro de servicios como energía eléctrica de forma continua, y agua durante el proceso.
- Instalaciones y equipos específicos para la operación de evaporación.

Sistema eficiente para el transporte de caña por cable para producción de panela, válida en zonas de ladera

La caña para la producción de panela se cultiva generalmente en terrenos donde predominan las laderas, que restringen el empleo de tecnologías modernas en la mecanización de las labores, redundando en el empleo de bastante mano de obra y en altos costos de producción, principalmente en el corte y transporte de la caña.

Actualmente, el transporte de caña de azúcar para la producción de panela en la HRS y en el resto del país panelero emplea primordialmente mulas, debido a la baja inversión y a la posibilidad de adaptación y uso de este medio en cualquier topografía, caracterizadas por su acomodación a los caminos y resistencia para transportar gran peso en largas distancias; sin embargo, se requiere de alto número de animales y de personas para el corte, alce y transporte de la caña. Por esta razón, estudios de caracterización y evaluación socioeconómica de la producción de panela han detectado que las actividades de corte, alce y transporte hasta el trapiche tienen alta incidencia sobre la estructura de costos y sobre la eficiencia de la producción (Rodríguez 2008).

Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación consiste en desarrollar y ajustar tecnología para el transporte de caña de azúcar para la producción de panela por cable en condiciones de mediana escala, para una de las regiones productoras en la HRS (figura 81), verificando su viabilidad social, económica y ambiental. Al ser la implementación de caña de azúcar para la producción de panela una alternativa, dependerá de las condiciones topográficas, volúmenes de caña, distancias y costos por kilogramo de caña a transportar.



Figura 81. Transporte de caña por cable.

Capítulo VIII

Indicadores económicos

Del total de la población que habita en los municipios que hacen parte del área de influencia de la HRS, un 56 % está ubicado en el sector rural y 44 % está ubicado en las cabeceras municipales para el año 2011. En 1993, la población rural representaba el 67 % y la urbana el 33 % (Ramírez 2012). Esta tendencia indica que la población rural ha venido disminuyendo, lo que refleja un proceso de migración del campo a los centros urbanos. En este caso, la población rural disminuyó en un 19 % en el período 1993-2011. Estas cifras se actualizarán en los próximos dos años de acuerdo con los resultados del censo Nacional Agropecuario de 2014 y el Censo Nacional de Población previsto para el 2015. En la región de la HRS son cerca de 53.000 familias que viven de la producción de panela (Fedepanela 2012).

Desde el punto de vista de infraestructura en vías de acceso, la región es atravesada por la carretera Panamericana que la comunica con importantes centros de consumo como Bogotá, Tunja, Bucaramanga y Cúcuta. La región además tiene un fácil acceso por carretera a los mercados de la costa Caribe colombiana y el occidente del país, por lo cual la producción de panela de la región tiene un comercio estable y diverso por las facilidades de conectividad de la región. Esta ubicación estratégica le brinda ventajas competitivas de mercado respecto a otras regiones del país. La zona posee además una importante red de infraestructura vial no pavimentada en la parte rural.

Costos de producción

En el proceso de producción de panela en la HRS, la participación de la mano de obra sigue siendo el componente más importante de los costos (tabla 18). Los fertilizantes o correctivos tienen una participación del 15 %; la inversión en herramientas es similar a la de los departamentos de Risaralda y Cundinamarca, pero los costos de cultivo son superiores debido al mayor uso de las mismas y con precios más altos de insumos, fertilizantes, herbicidas y mano de obra. Los insumos hacen referencia a los combustibles y lubricantes para los molinos y motores, así como clarificadores como

el balso, antiespumante y reguladores del pH, como la cal y los empaques. Los insumos no tienen participaciones mayores al 20 %.

Tabla 18. Costos para el establecimiento de una hectárea en caña de azúcar para la producción de panela

Costos de cultivo por hectárea en la HRS					
Fecha	2014		Volumen caña kilos		120.000
	Insumos	Unidad	Cantidad	\$ unitario	\$ total
Actividad siembra	Rocería y limpieza manual	Jornal	5	26.000	130.000
	Rocería y limpieza con Guadaña	Jornal	5	60.000	300.000
	Arado y rastrillado con tractor	Horas	14	40.000	560.000
	Trazado y zanjado	Jornal	10	26.000	260.000
	Construcción de Drenajes	Jornal	6	26.000	156.000
	Preparación de Semilla	Jornal	5	26.000	130.000
	Semilla	Kilo	8.000	150	1.200.000
	Siembra	Jornal	15	26.000	390.000
	Cal	Kilo	1.000	200	200.000
	Aplicación de cal	Jornal	3	26.000	78.000
	Abonos (gallinaza compostada)	Kilo	1.500	240	360.000
	Aplicación de gallinaza	Jornal	3	26.000	78.000
	Transporte de semilla al lote	Flete	2	30.000	60.000
	Análisis de suelos	Unidad	1	100.000	100.000
					4.002.000
Prácticas culturales	Resiembra	Jornal	3	26.000	78.000
	Semilla	Kilo	200	150	30.000
	Abono	Kilos	900	1.395,50	1.255.950
	Aplicación de Fertilizante	Jornal	6	26.000	156.000
	Control de Malezas 1 y 2	Jornal	10	26.000	260.000
	Herbicidas	Global	1	432.000	432.000
	Transporte de fertilizantes	Flete	1	50.000	50.000
					2.261.950
Control sanitario	Control biológico para Diatraea spp.	Liberación	4	30.000	120.000
	Mano de obra liberación	Jornal	2	26.000	52.000
Cosecha	Corte	Jornal	40	30.000	1.200.000
	Alce y transporte	Jornal	40	40.000	1.600.000
	Silleros (apiladores de caña)	Jornal	6	30.000	180.000
	Cocinera	Jornal	3	30.000	90.000
					Continúa...

					Continuación
Total cosecha					3.070.000
Otros costos	Herramienta menor	Global	1	200.000	200.000
	Arriendo tierra	Meses	15	75.000	1.125.000
	Mantenimiento de cercas y vías	Jornales	6	30.000	180.000
	Asistencia técnica	Visita	4	126.000	504.000
	Administración	Global	1	133.333	133.333
Total otros costos					2.142.333
Costo total del cultivo					11.648.283
Valor por kilogramo de caña					97,7

Fuente: Fedepanela (2014)

Las tablas 18, 19 y 20 muestran los costos del proceso, actualizados por Fedepanela (2014).

Tabla 19. Costos adicionales de sostenimiento del cultivo luego del primer corte

Actividad	Insumos	Unidad	Cantidad	\$ unitario	\$ total
Preparación para siembra	Cal	Kilo	1.000	200	200.000
	Aplicación de cal	Jornal	3	26.000	78.000
	Abonos (gallinaza compostada)	Kilo	1.500	240	360.000
	Aplicación de gallinaza	Jornal	3	26.000	78.000
					716.000
Prácticas culturales	Resiembra	Jornal	6	26.000	156.000
	Semilla	Kilo	500	150	75.000
	Abono	Kilos	900	1.395,50	1.255.950
	Encallado	Jornal	8	26.000	208.000
	Cepillado (cepas con guadaña)	Jornal	6	45.000	270.000
	Aplicación de fertilizante	Jornal	6	26.000	156.000
	Repaso drenajes	Jornal	2	26.000	52.000
	Control de malezas 1 y 2	Jornal	10	26.000	260.000
	Herbicidas	Global	1	432.000	432.000
	Transporte de fertilizantes y de semilla	Flete	2	50.000	75.000
					2.939.950
Control sanitario	Control biológico para <i>Diatraea</i> spp.	Liberación	4	30.000	120.000
	Mano de obra liberación	Jornal	2	26.000	52.000
					172.000
					Continúa...

Continuación					
Cosecha	Corte	Jornal	40	30.000	1.200.000
	Alce y transporte	Jornal	40	40.000	1.600.000
	Silleros (apiladores de caña)	Jornal	6	30.000	180.000
	Cocinera	Jornal	3	30.000	90.000
Total cosecha					3.070.000
Otros costos	Arriendo de tierra	Meses	15	75.000	1.125.000
	Mantenimiento de cercas y vías	Jornales	6	30.000	180.000
	Asistencia técnica	Visita	4	126.000	504.000
	Administración	Global	1	133.333	133.333
Total otros costos					1.942.333
Costo total del cultivo					8.840.283
Valor por kilogramo de caña					73,67

Fuente: Fedepanela (2014)

Tabla 20. Costos de procesamiento de panela en la HRS

Costos de procesos – HRS					
Fecha	2014	Kilos de panela producidos			14.000
			Precio de venta (desnuda)		1.320
Valor de producción					18.480.000
Actividad	Insumos	Unidad	Cantidad	\$ unitario	\$ Total
Mano de obra	Silleros (2 por 6 días)	Jornal	12	44.000	528.000
	Preneros (2 por 6 días)	Jornal	12	44.000	528.000
	Bagacero (1 por 6 días)	Jornal	6	44.000	264.000
	Tolinchero o Colinche (2 por 6 días)	Jornal	12	44.000	528.000
	Relimpiador (1 por 6 días)	Jornal	6	44.000	264.000
	Hornillero (1 por 6 días)	Jornal	6	44.000	264.000
	Empacador (1 por 3 días)	Jornal	3	44.000	132.000
	Disponible (1 por 6 días)	Jornal	6	44.000	264.000
	Aseo	Jornal	1	80.000	80.000
	Cocinera	Jornal	6	44.000	264.000
Total mano de obra					3.116.000
Insumos	Balso	Arrobas	6	8.000	48.000
	Aceite vegetal	Litros	8	7.000	56.000
	Cal	Kg	20	1.000	20.000
	Maquila	Kilos	14.000	200	2.800.000
Total insumos					2.924.000
					Continúa

					Continuación
Otros gastos	Depreciación	Global	1	350.000	350.000
	Empaque	Ud	28.000	17	476.000
	Embalaje	Ud	1.400	600	840.000
	Pegante cajas (engrudo o pegante).	Libra	3	1.500	4.500
	Leña	Cargas	21	6.875	144.375
	Dotación	Global	1	135.000	135.000
	Asistencia técnica	Visita	2	150.000	300.000
Total de otros gastos					2.249.875
Total de gastos del proceso					8.289.875
Costo del kilogramo					592

Fuente: Fedepanela (2014)

Según Fedepanela (2014), la zona del país donde se presentan los menores costos de producción para la producción panelera son Nariño, Cundinamarca y la HRS, en ese orden a nivel nacional.

Mercadeo y comercialización

Las condiciones en que se desarrolla el mercado y la comercialización de la panela definen el comportamiento de la oferta por parte de los productores y de la demanda por parte de los consumidores. La producción de panela se destina casi en su totalidad al mercado nacional. Se estima que menos del 1 % se utiliza como insumo en procesos industriales y cerca del 0,1 % se destina a la exportación (en particular a países como Venezuela, Estados Unidos, Suiza, Italia, Francia y Países Bajos (Rodríguez 2008).

El canal de distribución de la panela generalmente es referido a pequeños y medianos productores, quienes hacen negociaciones individuales y personales sobre el volumen de panela producida por cada uno. En este proceso interviene una cadena más larga de distribución, como son los agentes comercializadores (el acopiador, el mayorista y el minorista o detallista), quienes se quedan con la mayoría de las ganancias.

La intermediación deja al productor en el último nivel de ingresos. Además, es el productor el que se enfrenta a un mayor riesgo, ya que se expone al incumplimiento de sus obligaciones personales, debido a que los acuerdos de compra y varias garantías de mercado se hacen de forma verbal, y muchas veces no se cumplen por

parte de los intermediarios. Una de esas es la impuntualidad en las fechas de pago de la panela, ya que la mayoría de comerciantes paga el producto diferido en dos y tres pagos, dejando así a muchas familias sin el sustento económico a tiempo.

La producción panelera en la HRS presenta variaciones de precios estacionales y variaciones cíclicas. Las estacionales generalmente están asociadas a factores climáticos (periodos de lluvias o secos) y a algunos factores económicos debido a la competitividad en el uso de mano de obra entre la elaboración de la panela y otras actividades agrícolas. Entre los factores climáticos que afectan directamente la producción de panela está los fenómenos de El Niño y La Niña, los cuales combinan factores de producción, demanda y precio que presentan dos escenarios: 1) años muy secos, con baja producción de caña y altos precios, y 2) años muy lluviosos, con alta producción y bajos precios.

De otro lado, las variaciones cíclicas se dan debido a que el cultivo de la caña de azúcar para la producción de panela coincide muy frecuentemente con las zonas cafeteras, pues se ha observado que en épocas de cosecha cafetera disminuye el número de molineras por el desplazamiento de trabajadores a la recolección del grano, reduciendo simultáneamente la oferta de panela y aumentando su precio.

La comercialización de la panela se asimila a un mercado de competencia perfecta, debido a que existe un gran número de productores y un inmenso número de consumidores, cada uno de los cuales tiene un poder insignificante sobre el mercado. La caída de los precios de la panela a niveles poco rentables desestimula el cultivo de nuevas áreas, o provoca que los cultivos de caña para panela no sean mantenidos en forma adecuada, lo que genera la disminución del rendimiento y de la producción. Por su parte, los productores se limitan a vender su producto en las plazas de mercado o grandes centros de acopio como Santana, Güepsa, Monquirá y San Gil, por lo que el costo de comercialización no es tan representativo como se observa en la tabla 21.

Tabla 21. Costos de comercialización asumida por los productores

Costos de comercialización en la HRS					
Actividad	Insumos	Unidad	Cantidad	\$ unitario	\$ total
Comercialización	Transporte mayor	Tonelada	14	50.000	700.000
	Cuota de fomento	Unidad/caja	1.400	95	133.000
	Venta	Global	1	50.000	50.000
Total de la comercialización					883.000

Fuente: Fedepanela (2014)

Los intermediarios de gran escala, aunque pueden obtener ganancias extraordinarias que influyen en el nivel de precios en el corto plazo, cumplen una labor necesaria para la regulación de precios en el mediano y largo plazo, si se considera que logran economías de escala con reducción de costos de almacenamiento y transporte del producto.

Se estima que cerca del 75% de la producción panelera es adquirida por acopiadores, que en forma individual intervienen menos del 5% de la producción total. Debido a los altos costos de producción y bajo precios en la venta de la panela, la utilidad para el productor es muy baja como se observa en la tabla 22.

Problemas frecuentes del mercadeo y comercialización en la HRS

Entre los múltiples factores que pueden afectar la comercialización en la HRS, se destacan los siguientes aspectos:

- La elevada fluctuación de los precios, que origina incertidumbre en los productores.
- La presencia, en algunos casos, de largas cadenas de comercialización que dan origen a la elevación de los precios al consumidor.
- Las deficiencias en la calidad de la panela, que limitan la expansión del mercado interno y la incursión en mercados internacionales.
- Las deficiencias en los sistemas de empaque, transporte y almacenamiento de la panela, que ocasionan pérdidas considerables por deterioro del producto.

Tabla 22. Costos de producción y utilidades

Costos totales de producción	
Costo total del cultivo	8.840.283
Costo total del proceso	8.289.875
Costo total de la comercialización	883.000
Costo total de la producción	18.013.158
Costo total de la producción por kilo de panela	1.287
Precio de venta por kilo de panela	1.320
Panela producida	14.000
Ingreso total	18.480.000
Utilidad sin incluir costo de establecimiento	466.842

Fedepanela (2014)

Capítulo IX

Valoración de subproductos

La agroindustria de la panela en Colombia y en la HRS, a lo largo de la historia, ha subutilizado los subproductos que se generan del proceso de elaboración de panela, lo que de cierta forma ha incidido también en la contaminación de fuentes de aguas, suelo y aire, por las emisiones de humo de las chimeneas que utilizan llantas y que están poco tecnificadas.

A través de tiempo se ha orientado al productor hacia la utilización eficiente de los subproductos, mediante un enfoque sistemático de producción, el cual complementa los ingresos por la producción de panela, con engorde y venta de animales como bovinos, cerdos y aves, además de la venta de abonos orgánicos.

En este sentido, maximizar los recursos de la finca generará más disponibilidad de alimentos para la misma, que cubrirán el déficit de comida que existe en muchas fincas paneleras de la región. Finalmente, los subproductos generados del proceso de elaboración de la caña son una alternativa económica complementaria al mismo sistema productivo de la caña de azúcar para producción de panela.

Subproductos de la caña de azúcar para la producción de panela en la alimentación animal

A continuación, se describen los subproductos de la agroindustria panelera para la HRS, su modo de empleo y las dietas recomendadas para una mejor alimentación. La palma y cogollo de caña son subproductos obtenidos a la cosecha, principalmente constituidos por altas concentraciones de fibra y azúcares; aproximadamente cada cosecha deja material utilizable de 15 t/ha. Este aporte energético se puede administrar fresco, picado, enriquecido con urea y melote o sometido al proceso de ensilaje, con el fin de mejorar su contenido de proteína y su digestibilidad, para ser utilizado en rumiantes adultos como vacas, toros y novillos, o en ovejas de pelo, o camuros y cabras.

El ensilaje

El cogollo y la palma que se recogen se deben picar frescos; además, se puede adicionar un forraje arbóreo, rico en proteína como el matarratón, cují, aro, chachafruto o follaje de yuca, en la siguiente proporción: siete partes de palma-cogollo y tres de forraje rico en proteína. Si se cuenta con bastante material de cogollo y palma, el ensilaje es un sistema ideal para conservación y uso posterior cuando sea la época más crítica del año, evitando que los animales pierdan peso o bajen la producción de leche. Para hacer el ensilaje, preferiblemente se deben utilizar bolsas de polietileno calibre número 6, a través de dos posibilidades:

- Primero se deja orear un poco la palma-cogollo, para enseguida picar en pedazos entre 0,6 a 2,5 centímetros; luego se introduce una capa de 20 centímetros en la bolsa calibre 6, se apisona y se le adiciona melote, melaza del 1 al 3 % con la urea al 0,5 %; después se introduce una nueva capa seguida de apisonado y aplicación de melote, melaza, etc., sucesivamente hasta completar el llenado; por último, se apisona, se le saca el aire y se amarra, para almacenarla en lugar fresco, protegido de roedores e insectos. El éxito del silo está en sacarle al máximo el aire contenido en el material para disminuir las pérdidas por mala fermentación. El material ensilado deberá permanecer sellado bajo techo, mínimo un mes, antes de ser suministrado a los animales.
- Otro material con el que se puede realizar un buen ensilaje es el bagazo de la caña, que posee un alto contenido de humedad, además de azúcares, grasas y cenizas, que le dan alto valor en energía metabolizable. Se usa también para la producción de abono orgánico y como alimento, ya que es fuente potencial de energía en bovinos y otros rumiantes; para ello, debe ser procesado mediante la amonificación e hidrólisis, que aumentan su digestibilidad.

La preparación, al igual que el ensilaje de palma o cogollo, tiene su proceso simple y fácil de seguir, que se describe de forma breve a continuación: Primero se debe esparcir el material fibroso picado (100 kg) en capa delgada, para luego espolvorear la canavalia o el material sustituto molido (3 kg) sobre el material fibroso; después se revuelve uniformemente; posteriormente, se disuelve la urea (3 kg) en 20 a 50 L de agua; luego se riega parejo y se revuelve de nuevo el material fibroso, para finalmente amontonar el material, dejándolo durante diez minutos y recogiendo para empacarlo en bolsas plásticas grandes, apisonando y cerrando bien para evitar que salga el gas (amoníaco).

Ambos tipos de ensilajes se pueden almacenar en silos búnker o trinchera, protegidos por un plástico calibre número 6, compactando y cerrando herméticamente, y colocando peso encima para evitar la entrada de aire. Se debe dejar reposar por 30 días en sitio seco, cubierto y protegido de roedores e insectos plaga.

El bagazo amonificado se debe ofrecer cuando el olor a amonio no sea tan fuerte, y rociado con agua y melote, cachaza o miel para que sea más gustoso. Se debe complementar así: bagazo amonificado 60 %, forrajes arbóreos 20 %, cogollo o palma de caña 20 % y de 15 a 20 gramos de azufre.

No se debe suministrar este compuesto y en general alimentos que contengan urea a los monogástricos como el caballo, la mula, el burro, el cerdo, las gallinas, los conejos o los pollos, porque se produce intoxicación.

El melote

Es definido como la cocinadura de los flotantes del jugo de caña y se genera en el momento del proceso de elaboración de la panela, en la denominada "paila melotera". Este producto se puede utilizar en cerdos, que lo consumen a voluntad de 2 a 6 kilos, cuyo peso vivo esté entre los 35 y 95 kilogramos. Este suministro se debe dar en forma fresca y se complementa con un núcleo proteico como se indica en la tabla de uso del melote.

El bloque multinutricional

El bloque multinutricional (BMN) que se presenta no es directamente un producto generado a partir de subproductos exclusivos del proceso de elaboración de panela, sino es otra alternativa alimenticia para animales que estén complementando los ingresos económicos de la finca panelera

El BMN es una mezcla de melaza, o cachazas deshidratadas, urea, cal, bagacillo, minerales, azufre, repilas, pollinaza, tuza molida (figura 82). Los suplementos alimenticios como el bloque multinutricional y los residuos fibrosos amonificados aportan proteína, energía y minerales. A continuación, se presentan diferentes opciones de preparación de los BMN.



Figura 82. Preparación de bloque multinutricional.

Opción 1. Melaza o melote (40 %), urea (10 %), sal mineralizada (10 %); heno, tusa de maíz o bagazo de caña (30 %); aglutinante o compactador (10 %).

Opción 2. Melaza o melote (35 %), sal mineralizada (10 %), torta de soya (5 %); heno, tusa de maíz o bagazo de caña (20 %); harina de leguminosas (alfalfa acacia, sauco, aliso, etc.) (20 %), aglutinante o compactador (10 %).

Opción 3. Melaza o melote (40 %), sal mineralizada (10 %), harina de arroz (20 %); heno, tusa de maíz o bagazo de caña (20 %); aglutinante o compactador (10 %).

Opción 4. Melaza o melote (45 %), urea (5 %), sal mineralizada (10 %), torta de Soya (5 %); harina de arroz (5 %); heno, tusa de maíz o bagazo de caña (20 %); aglutinante o compactador (10 %).

Elaboración de los bloques multinutricionales

El proceso de mezclado se inicia con el pesaje de cada uno de los ingredientes, conforme a la formulación y dependiendo de la cantidad de bloques a producir. Luego de tener las cantidades exactas para su preparación se procede a mezclar los insumos conforme a los siguientes pasos y secuencia.

Paso 1. En un recipiente o caneca plástica se realiza la primera mezcla entre la fuente de N en forma de urea, bien sea molida o pulverizada, y melaza como fuente de energía. Específicamente se debe empezar siempre con la melaza; como se

requiere una distribución uniforme de estos ingredientes, se debe realizar una completa homogenización. En caso de no poder pulverizar la urea, se debe hacer la mezcla con anterioridad hasta diluirla completamente.

Paso 2. La segunda mezcla la conforman los demás ingredientes: harina de arroz, torta de soya o sal mineralizada, de acuerdo a la opción escogida. Con una pala se revuelve vigorosamente hasta homogenizar completamente la mezcla; se continúa agregando la cal agrícola o aglutinador y, por último y sin detener el mezclado, se agregan las fibras cortas o largas (heno, residuos agrícolas fibrosos), hasta lograr la contextura deseada.

La contextura apropiada se logra al mezclar uniformemente y se verifica de forma práctica con base en el conocimiento tradicional, cuando al tomar una muestra de mezcla con la mano y cerrando fuertemente el puño, no sale líquido entre los dedos, y al abrir la mano queda formada una masa que no se expande. Cuando este procedimiento se realiza a gran escala se hace con una mezcladora horizontal o mezcladora de concreto.

Paso 3. Para moldear los bloques se puede utilizar un balde plástico (figura 83) o un recipiente metálico de boca más ancha que el fondo, el cual se recubre internamente con hojas de papel periódico. La mezcla se vierte y se apisona por capas delgadas, utilizando un pisón de madera o de estructura metálica.



Figura 83. Bloque multinutricional.

Paso 4. Al alcanzar el tamaño deseado del bloque (5-10-25 kg), se retira cuidadosamente del molde. El proceso de secado dura de 8 a 15 días, dependiendo de la humedad ambiental. El sitio de secado deberá tener un techo con buena aireación y ventilación, y especialmente aislado de roedores, cucarachas u otros insectos. Los bloques deben ser colocados sobre estibas de madera o plástico en el piso, pero en lugares secos.

Los BMN deben estar protegidos de las lluvias para suministrarse a los animales en el potrero o en el establo, en el fondo comedero, para que, en ambos casos, tengan acceso a un consumo voluntario.

Los BMN deben ser suministrados únicamente a animales adultos, para lo cual se les debe colocar en sitios altos, donde los terneros no tengan facilidad de alcanzarlos; es necesario tener la precaución de suministrarlos después de ocho días o más de elaborados, cuando tengan una consistencia dura, para evitar que sean mordisqueados o consumidos en exceso por los animales, lo que les causaría intoxicación por urea. Se estima como conveniente un consumo diario de 0,5 kg por animal bovino adulto.

Los autores

Richard John Sánchez Jiménez

rjsanchez@corpoica.org.co

Ingeniero Ambiental de la Universidad de Libre, seccional Socorro, Santander. Ha trabajado en el cultivo de la caña panelera desde hace diez años en transferencia tecnológica, buenas prácticas agropecuarias (BPA), buenas prácticas de manufactura (BPM), comercialización y mercadeo, manejo ambiental de trapiches en entidades como Fedepanela y Corpoica. En la actualidad es profesional de Apoyo a la Investigación en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

César Augusto Forero Camacho

cforero@corpoica.org.co

Administrado de Empresas Agropecuarias, magíster en Innovación Agraria para el Desarrollo Rural de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Estudiante de doctorado en Desarrollo Sostenible de la Universidad de Manizales, Colombia. Ha trabajado en investigación y docencia en desarrollo rural, Sistema de Información Geográfica (SIG), innovación agraria y estudios socioeconómicos que favorecen la comprensión de los procesos de adopción tecnológica en cultivos como tabaco, caña, fique, hortalizas y ganadería. Actualmente es investigador máster de la Red de Cultivos Transitorios y Agroindustriales de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Bibliografía

- Agencia de Noticias UN. 2013. Hoya del río Suárez es ejemplo agroindustrial para el país. [consultado 2016 jul 28]. http://www.unperiodico.unal.edu.co/uploads/tx_flstaticfilecache/www.agenciadenoticias.unal.edu.co/var/www/web/agencia/ndetalle/article/hoya-del-rio-suarez-es-ejemplo-agroindustrial-para-el-pais.htmlcache.html.
- Bustillo P, Gil Z. 2008. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Chinchiná, Colombia: Cenicafé. Capítulo 29, La hormiga loca, *Paratrechina fulva*; p. 370-373.
- Carretero I, Doussinague C, Villena E. 2002. Técnico en Agricultura. Tomo 2. Madrid: Editorial cultural.
- Castro H. 1998. Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas. Manual técnico. Tunja, Colombia: Instituto Universitario Juan de Castellanos.
- Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. Resolución 1932, Por la cual se declara la emergencia fitosanitaria en una zona productora de caña de azúcar del Valle del Cauca. Diario Oficial, 18 de julio 2007. [consultado 2016 ago]. <http://www.ica.gov.co/getattachment/aab3f491-d05a-4cf0-b2dd-9db3f1263c36/1932.aspx>.
- Colombia, Ministerio de la Protección Social. Resolución 779, Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir en la producción y comercialización de la panela para consumo humano y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial, 17 de marzo de 2006. Red Juriste; [consultado 2016 ago]. https://www.redjurista.com/Documents/r_mps_0779_2006.aspx.
- [DANE] Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2016. Boletín técnico. Encuesta Nacional Agropecuaria ENA 2015; [consultado 2016 ago 06] http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2015/boletin_ena_2015.pdf
- [DANE] Departamento Administrativo Nacional de Estadística, [IGAC] Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2005. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Boyacá. Tomo I. Bogotá, Colombia: IGAC.
- Davis MJ, Gillaspie AG, Vidaver AK, Harris R. 1984. *Clavibacter*: a new genus containing some phytopathogenic coryneform bacteria, including *Clavibacter xyli* subsp. *xyli* sp. nov., subsp. nov. and *Clavibacter xyli* subsp. *cynodontis* subsp. nov., pathogens that cause ratoon stunting disease of

- sugarcane and bermudagrass stunting disease. *Int J Syst Bacteriol.* 34(2):107-117.
- [Fedepanela] Federación Nacional de Productores de Panela. 2009. El ABC de la Panela; [consultado 2016 ago]. http://www.fedepanela.org.co/publicaciones/cartillas/abc_panela.pdf.
- [Fedepanela] Federación Nacional de Productores de Panela. 2012 sin publicar. Plan estratégico Boyacá y Santander. Bogotá, Colombia: Fedepanela.
- [Fedepanela] Federación Nacional de Productores de Panela. 2014 sin publicar. Informes internos sobre costos de producción. Bogotá, Colombia: Fedepanela.
- García HR. 2004. Oportunidades de producción más limpia en la agroindustria panelera. Mosquera, Colombia: Corpoica, CI Tibaitatá.
- Gómez CA. 2007. Efectos de la quema sobre la calidad del suelo. *El Agrónomo*; [consultado 2016 jul] <http://agronomord.blogspot.com.co/2007/07/efectos-de-la-quema-sobre-la-calidad.html>
- Gómez LA, Gaviria M. 1984. El barrenador gigante de la caña de azúcar (*Castnia* sp.) en Colombia. En: [Tecnicaña] Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias del I Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Cali: Tecnicaña. p. 185-194.
- Gómez L, Lastra L. 1995. Insectos asociados con la caña de azúcar en Colombia. En: Cassalett C, Torres JS, Isaacs CH. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia: [Cenicaña] Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. pp. 237-263.
- [IGAC] Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2003. Estudio General de Suelos y Zonificación de tierras del departamento de Santander. Tomo I. Bogotá, Colombia: IGAC.
- [Incoder] Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. 2012. ADR Hoya del río Suárez; (consultado 2016 julio) http://www.incoder.gov.co/ADR_Hoya_del_rio_Suarez/ADR_Hoya_del_rio_Suarez.aspx.
- Insuasty O, Manrique R, Palacio O. 2003. Catálogo de variedades de caña para la producción de panela en la hoyo del río Suárez. Barbosa, Colombia: Corpoica.
- Insuasty O, Murcia L, Ramírez J. 2013. Informe final producto de investigación de Corpoica. Evaluación Nuevas variedades caña para la HRS. Bogotá: Corpoica.
- Lastra LA, Gómez LA, Castro U. 2007. Observaciones acerca de la mosca *Salpingogaster nigra* Schiner (Diptera: Syrphidae) como predador de ninfas del salivazo *Aeneolamia varia*. *Carta Trimestral.* 29(4):10-12.

- [MADR] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2006. El sector panelero colombiano; [consultado 2016 julio]. <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/el-sector-panelero-colombiano.pdf>.
- [MADS] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, [SAC] Sociedad de Agricultores de Colombia, [Fedepanela] Federación Nacional de Productores de Panela. 2002. Guía ambiental para el subsector panelero; [consultado en 2016 jul]. http://www.fedepanela.org.co/publicaciones/cartillas/guia_ambiental_panelera.pdf.
- Manrique R, Insuasty O, Mora C, Rodríguez G, Blanco R, Mejía L, Pinto J, Sandoval G. 2000. Manual de caña de azúcar para la producción de panela. Barbosa, Colombia: [Corpoica] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, [Cimpa] Centro de Investigación para el mejoramiento de la Industria Panelera y Federación Nacional de Paneleros. Fedepanela.
- Manrique R, Insuasty O. 2000. Programa de procesos agroindustriales. Barbosa, Colombia: [Corpoica] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, [Cimpa] Centro de Investigación para el mejoramiento de la Industria Panelera.
- Murcia ML, Manrique R, Ramírez J, Insuasty O, Bayona AM, Kopp E, Alfonso MA. 2010. Módulo 3. Control oportuno de malezas en el cultivo. Unipamplona; [consultado 2016 ago]. http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_4/mod_virtuales/modulo3/index.html.
- Osorio G. 2007. Manual técnico. Buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la producción de caña y panela. Medellín: [Corpoica] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, [Mana] Mejoramiento Alimentario y Nutricional de Antioquia, [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Ramírez J. 2012. Caracterización socio-demográfica del área de desarrollo rural de la hoya del río Suárez. Incoder; [consultado 2016 Ago 2016]. http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR_HOYA%20RIO%20SUAREZ/Perfil%20Territorial/CARACTERIZACION%20SOCIO-DEMOGRAFICA%20HOYA%20DEL%20RIO%20SUAREZ.pdf.

- Rodríguez G. 2008. Aspectos socioeconómicos de la producción de la caña panelera en Colombia. Ponencia presentada en: Seminario Nacional Cultivo, Agroindustria y Potencialidades de la Caña en Colombia. Medellín, Colombia.
- Soto A, Vallejos E, Herrera F, Rojas CE. 2011. Algunas malezas de Costa Rica y Mesoamerica. Catálogo de terrestres, parásitas y acuáticas. IFAS; [consultado 2016 jul]. http://international_extension.ifas.ufl.edu/LaFlor/weeds-of-costa-rica/index.shtml.
- Talavera N. 2006. Tecnología de aplicación de herbicidas. ABC; [consultado 2016 ago]. <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/tecnologia-de-aplicacion-de-herbicidas-922866.html>.
- Tropical Forages. s. f. *Brachiaria mutica*. [consultado 2016 jul]. http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Brachiaria_mutica.htm.
- Virginia Tech Weed Identification Guide. s. f. Florida Beggarweed: *Desmodium tortuosum*. [consultado 2016 ago]. <http://oak.ppws.vt.edu/~flessner/weedguide/dedto.htm>.
- Weissling T, Giblin-Davis R, Center B, Heath R, Peña J. 2003. Oviposition by *Metamasius hemipterus sericeus* (Coleoptera: Dryophthoridae: Rhynchophorinae). Fla Entomol. 86(2):174-177.

