

**MANUAL TÉCNICO**

# **BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS -BPA- Y BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA -BPM-**

## **EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA Y PANELA**

**GUILLERMO OSORIO CADAVID**



Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM-en la Producción de Caña y Panela

**Autoría:**

Guillermo Osorio Cadavid, Ingeniero Agrónomo, Investigador Especialista en Caña Panelera, CORPOICA.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO.

Gobernación de Antioquia, Dirección Seccional de Salud de Antioquia, Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Antioquia –MANA-, Convenio FAO-MANA: Proyecto de Seguridad Alimentaria y Buenas Prácticas Agrícolas para el Sector Rural en Antioquia Proyectos UTF/COL/027/COL, TCP/COL/3101.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, Centro de Investigación La Selva.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

**ISBN 978-92-5-305910-2**

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al Jefe de la Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la División de Comunicación de la FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia o por correo electrónico a: [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

**Primera edición**

500 ejemplares

**Coordinación general de la publicación**

Alejandro Ramírez Madrid, Pedagogo, Coordinador Pedagógico UTF/COL/027/COL, Gerencia Seguridad Alimentaria y Nutricional MANA.

**Edición, diseño, diagramación e impresión**

CTP Print Ltda.

Calle 49B No. 68-25

PBX: 434 15 80

[Ctp2@une.net.co](mailto:Ctp2@une.net.co)

Medellín

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

**OSORIO, G. (2007).**

Manual: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM-en la Producción de Caña y Panela.

Palabras Claves: caña panelera, manejo agronómico, manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE), beneficio, trapiche, normatividad BPA, desarrollo rural, buenas prácticas agrícolas, seguridad alimentaria y nutricional, FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".

© FAO 2007

## **Gobernación de Antioquia**

**Aníbal Gaviria Correa**

Gobernador de Antioquia

**Carlos Mario Montoya Serna**

Director Seccional de Salud de Antioquia

**José Jaime Arango Barreneche**

Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

**Dora Cecilia Gutiérrez Hernández**

Gerenta Seguridad Alimentaria y Nutricional -MANA-

**Ángela Lucía Molina Chica**

Coordinadora Departamental Proyecto UTF/COL/027/COL Convenio FAO-MANA

## **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación**

**Jacques Diouf**

Director General

**José Graciano Da Silva**

Representante Regional para América Latina y el Caribe

**Juan Izquierdo**

Oficial Técnico Proyecto TCP/COL/3101

**Marcos Rodríguez**

Consultor BPA proyecto TCP/COL/3101

**Luis Manuel Castello**

Representante FAO Colombia

**Jaime Piedrahíta Yepes**

Director Proyecto de Seguridad Alimentaria y Buenas Prácticas Agrícolas para el Sector Rural en Antioquia UTF/COL/027/COL y TCP/COL/3101

## **CORPOICA**

**Arturo Vega Varón**

Director Ejecutivo Corpoica

**Sergio Correa Peláez**

Director del Centro de Investigación La Selva

**Álvaro Tamayo**

Coordinador Acuerdo CORPOICA- Convenio FAO-MANA TCP/COL/3101

**Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO-**

- Oficina Regional para América Latina y el Caribe

Dirección: Avenida Dag Hammarskjöld 3241 - Vitacura

Teléfonos: (562) 337-2100

Página web: [www.rlc.fao.org](http://www.rlc.fao.org)

Santiago de Chile

- Oficina Representación FAO Colombia

Dirección: Calle 72#7-82 of. 702

Teléfonos: (571) 3465101

Correo electrónico: [fao-co@fao.org](mailto:fao-co@fao.org)

Página web: [www.fao.org.co](http://www.fao.org.co)

Bogotá D.C. - Colombia

- Oficina Convenio FAO-MANA Proyecto de Seguridad Alimentaria y

Buenas Prácticas Agrícolas para el Sector Rural en Antioquia

Dirección: Carrera 70 # C4-42 oficina 304

Teléfonos: (574) 2604584 – 2308740 (fax)

Medellín – Colombia

**Gerencia de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Antioquia -MANA-**

Dirección: Centro Administrativo La Alpujarra

edificio Gobernación de Antioquia oficina 818

Teléfonos: 3857840 – 3857845 - 3857891

Correo electrónico: [mana@antioquia.gov.co](mailto:mana@antioquia.gov.co)

Página web: <http://mana.antioquia.gov.co/>

Medellín – Colombia

**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, La Selva**

Dirección: Km 7 vía Medellín - Las Palmas, vereda Llano Grande

Teléfonos: 5371490 – 5370161 (fax)

Correo electrónico: [laselva@corpoica.org.co](mailto:laselva@corpoica.org.co)

Página web: [www.corpoica.org.co](http://www.corpoica.org.co)

Rionegro - Antioquia

# Contenido

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Presentación</b>                                         | <b>13</b> |
| <b>Agradecimiento</b>                                       | <b>15</b> |
| <b>Introducción</b>                                         | <b>17</b> |
| Importancia socioeconómica del cultivo                      | 18        |
| <i>Mercado mundial de la panela</i>                         | 18        |
| <i>Consumo aparente de panela</i>                           | 19        |
| <i>Consumo per cápita mundial de panela</i>                 | 21        |
| <b>Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas</b>         | <b>23</b> |
| Introducción                                                | 23        |
| Definición de las BPA                                       | 24        |
| Ventajas de la adopción de las BPA                          | 24        |
| Filosofía de las BPA                                        | 25        |
| Componentes BPA                                             | 25        |
| <b>Generalidades del cultivo</b>                            | <b>29</b> |
| Origen y distribución                                       | 29        |
| <i>Sautatá, el sueño agroindustrial</i>                     | 30        |
| Distribución geográfica de la panela                        | 31        |
| <i>Situación en Antioquia</i>                               | 32        |
| Taxonomía                                                   | 34        |
| Morfología de la caña de azúcar                             | 34        |
| <i>Sistema radical</i>                                      | 34        |
| <i>El tallo</i>                                             | 35        |
| <i>Hoja</i>                                                 | 37        |
| <i>La flor</i>                                              | 38        |
| Eco-fisiología de la caña                                   | 40        |
| <i>Factores que afectan la fotosíntesis de una planta</i>   | 40        |
| <b>Aspectos agronómicos del cultivo de la caña panelera</b> | <b>43</b> |
| Labores de adecuación y preparación del suelo               | 43        |
| <i>Eliminación del rastrojo</i>                             | 43        |
| <i>Preparación manual con azadón</i>                        | 43        |
| <i>Surcado</i>                                              | 44        |
| Selección de semillas y semilleros                          | 44        |
| <i>Tipos de semilleros</i>                                  | 46        |

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Siembra de la caña .....                                                            | 47        |
| <i>Sistema de siembra a chorrillo</i> .....                                         | 48        |
| <i>Sistema de siembra por mateado</i> .....                                         | 49        |
| Resiembra regenerativa .....                                                        | 49        |
| <i>¿Cómo hacer viable y rentable la resiembra?</i> .....                            | 50        |
| <i>Métodos de resiembra regenerativa</i> .....                                      | 50        |
| Plántulas pregerminadas en bolsas de polietileno .....                              | 51        |
| Yemas pregerminadas para resiembra directa .....                                    | 51        |
| Renovación de cultivos de caña con variedades mejoradas .....                       | 51        |
| <b>Variedades</b> .....                                                             | <b>53</b> |
| Variedades producidas en Colombia .....                                             | 53        |
| Variedades del futuro .....                                                         | 54        |
| Características deseables en variedades de caña de azúcar para panela .....         | 55        |
| <i>Características básicas</i> .....                                                | 55        |
| <i>Características secundarias o complementarias</i> .....                          | 55        |
| Descripción de las variedades para producción de panela .....                       | 57        |
| <i>Variedad POJ 28 - 78</i> .....                                                   | 57        |
| <i>Variedad PR 61-632</i> .....                                                     | 57        |
| <i>Variedad CO 421</i> .....                                                        | 58        |
| <i>Variedad POJ 27-14</i> .....                                                     | 59        |
| <i>Variedad RD 75-11</i> .....                                                      | 60        |
| <i>Variedad CC 84-75</i> .....                                                      | 61        |
| <i>Variedades recomendadas para el departamento de Antioquia</i> .....              | 62        |
| <b>Manejo de suelos</b> .....                                                       | <b>63</b> |
| Análisis de suelos .....                                                            | 63        |
| <i>División del área en unidades representativas</i> .....                          | 63        |
| <i>Toma de muestras de suelo</i> .....                                              | 64        |
| <i>Análisis de las muestras en los laboratorios</i> .....                           | 64        |
| Fertilización .....                                                                 | 66        |
| <i>Asimilación de nutrimentos por la caña de azúcar</i> .....                       | 67        |
| <i>Fertilización para tipos de suelos en Antioquia</i> .....                        | 68        |
| <i>Fertilización orgánica en caña panelera</i> .....                                | 71        |
| BPA para el almacenamiento de fertilizantes y abonos orgánicos .....                | 72        |
| <b>Protección o manejo sanitario del cultivo</b> .....                              | <b>73</b> |
| Arvenses (malezas) .....                                                            | 73        |
| <i>Control cultural, manual y mecánico</i> .....                                    | 74        |
| Insectos plaga asociados con la caña de azúcar en Colombia .....                    | 75        |
| <i>El cucacho, cornudo o cucarrón de invierno (Podischnus agenor Olivier)</i> ..... | 76        |
| <i>El picudo rayado de la caña (Metamasius hemipterus Sericeus)</i> .....           | 77        |
| <i>El barrenador del tallo (Diatraea saccharalis Fabricius)</i> .....               | 79        |
| <i>El barrenador gigante de la caña de azúcar (Castnia Licus Drury)</i> .....       | 81        |
| <i>Termitas</i> .....                                                               | 84        |

|                                                                                                    |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Gusano cabrito (Caligo Ilioneus)</i> .....                                                      | 85         |
| <i>Hormiga loca (Paratrechina fulva)</i> .....                                                     | 86         |
| Enfermedades de la caña de azúcar .....                                                            | 87         |
| <i>Enfermedades causadas por hongos</i> .....                                                      | 87         |
| <i>Enfermedades causadas por bacterias</i> .....                                                   | 92         |
| <i>Enfermedades causadas por virus</i> .....                                                       | 93         |
| <b>Cosecha, poscosecha y producción de panela</b> .....                                            | <b>97</b>  |
| Maduración y cosecha.....                                                                          | 97         |
| Condiciones de producción, corte, alce y transporte que favorecen las BPM.....                     | 98         |
| <i>Sistemas de corte</i> .....                                                                     | 98         |
| El beneficio .....                                                                                 | 100        |
| <i>Apronte</i> .....                                                                               | 100        |
| <i>Proceso de elaboración de la panela</i> .....                                                   | 101        |
| <i>Molinos para la operación de extracción de jugo crudo de caña</i> .....                         | 102        |
| <i>Extracción de jugos</i> .....                                                                   | 113        |
| <i>Limpieza de jugos</i> .....                                                                     | 114        |
| <i>Evaporación y concentración</i> .....                                                           | 117        |
| <i>Hornilla panelera</i> .....                                                                     | 118        |
| <i>Punteo, moldeo y batido</i> .....                                                               | 122        |
| <i>Empaque y almacenamiento</i> .....                                                              | 126        |
| <b>Buenas prácticas de manufactura (BPM) de la panela como industria de alimentos</b> .....        | <b>129</b> |
| Impacto ambiental.....                                                                             | 129        |
| <i>Recursos naturales</i> .....                                                                    | 130        |
| <i>Instalaciones físicas del trapiche</i> .....                                                    | 131        |
| <i>En la prelimpieza</i> .....                                                                     | 131        |
| <i>En el proceso de clarificación</i> .....                                                        | 132        |
| <i>Empaque y almacenamiento</i> .....                                                              | 141        |
| <i>Recomendaciones de buenas prácticas de manufactura -BPM- para la producción de panela</i> ..... | 142        |
| <b>Comercialización de la panela</b> .....                                                         | <b>145</b> |
| Generalidades del mercado .....                                                                    | 145        |
| <i>Variación de precios</i> .....                                                                  | 146        |
| <i>Comportamiento estacional del precio al productor de panela en Colombia (1991 -2005)</i> .....  | 147        |
| <i>Márgenes de comercialización</i> .....                                                          | 149        |
| <b>Costos de producción</b> .....                                                                  | <b>151</b> |
| Manejo de proveedores.....                                                                         | 153        |
| <i>Clasificación de los proveedores</i> .....                                                      | 153        |
| <b>Glosario</b> .....                                                                              | <b>155</b> |
| <b>Bibliografía</b> .....                                                                          | <b>157</b> |

|                                                                                                                                  |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>Anexo 1. Programa para la disposición de residuos</b>                                                                         | <b>161</b>     |
| Compostaje                                                                                                                       | 161            |
| <i>Lo que se debe tener en cuenta para producir compost</i>                                                                      | 163            |
| <i>Cómo producir compost</i>                                                                                                     | 164            |
| <i>Residuos para compostar</i>                                                                                                   | 164            |
| Caracterización de aguas residuales industriales                                                                                 | 166            |
| <i>Manejo de aguas residuales</i>                                                                                                | 167            |
| <i>Esquemas de colección y tratamiento de aguas residuales</i>                                                                   | 167            |
| <i>Tanque séptico</i>                                                                                                            | 169            |
| Producción más limpia                                                                                                            | 171            |
| <i>Identificación de las etapas más contaminantes del proceso</i>                                                                | 172            |
| <i>Índices de desempeño</i>                                                                                                      | 172            |
| <i>Balance de masa</i>                                                                                                           | 172            |
| <i>Balance de agua</i>                                                                                                           | 172            |
| <br><b>Anexo 2. Los árboles en asocio con la caña</b>                                                                            | <br><b>173</b> |
| Asocio con maderables                                                                                                            | 173            |
| Asocio con forrajeras                                                                                                            | 173            |
| Algunos usos de las plantas forrajeras                                                                                           | 175            |
| <br><b>Anexo 3. Huertos leñeros</b>                                                                                              | <br><b>176</b> |
| Antecedentes                                                                                                                     | 176            |
| Evaluación de las características fisiográficas de los sitios para plantación                                                    | 177            |
| <br><b>Anexo 4. Principales problemas de la producción de la agroindustria panelera en Colombia</b>                              | <br><b>180</b> |
| <br><b>Anexo 5. Problema de la panela en Antioquia</b>                                                                           | <br><b>181</b> |
| <br><b>Anexo 6. Matriz DOFA en la agroindustria panelera</b>                                                                     | <br><b>183</b> |
| <i>Fortalezas del cultivo de la caña para panela</i>                                                                             | 182            |
| <i>Debilidades del sector panelero:</i>                                                                                          | 182            |
| <i>Oportunidades dentro de la agroindustria panelera</i>                                                                         | 183            |
| <i>Amenazas al sector panelero</i>                                                                                               | 184            |
| <br><b>Anexo 7. Caracterización técnica y socio-económica en los sistemas productivos de caña panelera en una finca panelera</b> | <br><b>185</b> |
| <br><b>Anexo 8. Estructura de costos/ha</b>                                                                                      | <br><b>190</b> |
| <br><b>Anexo 9. Evaluación técnico-administrativa del beneficio de la caña panelera</b>                                          | <br><b>196</b> |
| <br><b>Anexo 10. Registro de inspección sanitaria</b>                                                                            | <br><b>199</b> |

## Lista de figuras

|            |                                                                                                                                        |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.  | Consumo per cápita de panela (kg/hab).....                                                                                             | 21 |
| Figura 2.  | Fichas técnicas en Antioquia .....                                                                                                     | 33 |
| Figura 3.  | Sistema radicular de la caña de azúcar .....                                                                                           | 35 |
| Figura 4.  | Tallos de la caña y su diferenciación .....                                                                                            | 36 |
| Figura 5.  | Nudo y entrenudo. Partes principales del tallo de la caña de azúcar .....                                                              | 36 |
| Figura 6.  | Formas del entrenudo.....                                                                                                              | 37 |
| Figura 7.  | Componentes morfológicos que identifican el nudo y el entrenudo .....                                                                  | 38 |
| Figura 8.  | Partes de la hoja de la caña .....                                                                                                     | 38 |
| Figura 9.  | Flor de la caña de azúcar .....                                                                                                        | 39 |
| Figura 10. | Flor de la caña (panorámica) .....                                                                                                     | 39 |
| Figura 11. | Preparación de suelos.....                                                                                                             | 43 |
| Figura 12. | Semilla de tallo .....                                                                                                                 | 44 |
| Figura 13. | Semilla de cogollo.....                                                                                                                | 45 |
| Figura 14. | Equipo para tratamiento térmico de semilla.....                                                                                        | 46 |
| Figura 15. | Semillero.....                                                                                                                         | 47 |
| Figura 16. | Siembra a chorrillo sencillo con traslape.....                                                                                         | 48 |
| Figura 17. | Siembra chorrillo sencillo con traslape .....                                                                                          | 48 |
| Figura 18. | Siembra por mateado.....                                                                                                               | 49 |
| Figura 19. | Variedad POJ 28-78.....                                                                                                                | 57 |
| Figura 20. | Variedad PR 61-632 .....                                                                                                               | 58 |
| Figura 21. | Variedad CO 421.....                                                                                                                   | 59 |
| Figura 22. | Panorámica de POJ 27-14 .....                                                                                                          | 60 |
| Figura 23. | Variedad POJ 27-14.....                                                                                                                | 60 |
| Figura 24. | Variedad RD 75-11.....                                                                                                                 | 60 |
| Figura 25. | Variedad CC 84-75 .....                                                                                                                | 62 |
| Figura 26. | Toma de muestra de suelo .....                                                                                                         | 65 |
| Figura 27. | Aplicación de cal.....                                                                                                                 | 66 |
| Figura 28. | Control manual de arvenses .....                                                                                                       | 74 |
| Figura 29. | Cucacho adulto (macho a la derecha y hembra a la izquierda superior); daño del insecto en el tallo (derecho e izquierda inferior)..... | 76 |
| Figura 30. | Trampa en guadua para control de adultos de los insectos plaga cucacho y picudo .....                                                  | 77 |
| Figura 31. | Picudos adultos (izquierda). Daño y larvas del picudo (derecha).....                                                                   | 78 |
| Figura 32. | Adulto picudo rayado.....                                                                                                              | 78 |
| Figura 33. | Daño causado por <i>Diatraea sp.</i> .....                                                                                             | 79 |
| Figura 34. | Adulto de <i>Diatraea sp.</i> .....                                                                                                    | 80 |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 35. | <i>Telenomus sp.</i> izquierda superior; <i>Trichogramma sp.</i> , centro superior; <i>Paratheresia sp.</i> , superior derecha y <i>Jaynelesquia sp.</i> , inferior izquierda. Abajo a la derecha, trampa de luz para control de insectos plaga <i>Diatraea</i> adultos..... | 82  |
| Figura 36. | Larva, adulto, capullo de la larva y daño de <i>Castnia sp.</i> .....                                                                                                                                                                                                        | 83  |
| Figura 37. | Termita.....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 84  |
| Figura 38. | Daño hecho por termitas .....                                                                                                                                                                                                                                                | 84  |
| Figura 39. | Larva y adulto de <i>Caligo</i> .....                                                                                                                                                                                                                                        | 85  |
| Figura 40. | Hormiga loca .....                                                                                                                                                                                                                                                           | 86  |
| Figura 41. | Muermo rojo .....                                                                                                                                                                                                                                                            | 87  |
| Figura 42. | Mal de piña .....                                                                                                                                                                                                                                                            | 88  |
| Figura 43. | Mancha de anillo (patronaje).....                                                                                                                                                                                                                                            | 88  |
| Figura 44. | Mancha de ojo.....                                                                                                                                                                                                                                                           | 89  |
| Figura 45. | Cogollo retorcido.....                                                                                                                                                                                                                                                       | 89  |
| Figura 46. | Látigos característicos del carbón .....                                                                                                                                                                                                                                     | 90  |
| Figura 47. | Daño de la roya en la caña .....                                                                                                                                                                                                                                             | 92  |
| Figura 48. | Raquitismo de la soca .....                                                                                                                                                                                                                                                  | 92  |
| Figura 49. | Virus del mosaico de la caña .....                                                                                                                                                                                                                                           | 94  |
| Figura 50. | Daño causado por nemátodos .....                                                                                                                                                                                                                                             | 95  |
| Figura 51. | Refractómetro .....                                                                                                                                                                                                                                                          | 97  |
| Figura 52. | Corte de la caña .....                                                                                                                                                                                                                                                       | 99  |
| Figura 53. | Corte poor parejo.....                                                                                                                                                                                                                                                       | 100 |
| Figura 54. | Apronte de la caña.....                                                                                                                                                                                                                                                      | 101 |
| Figura 55. | Proceso tecnológico producción de panela .....                                                                                                                                                                                                                               | 101 |
| Figura 56. | Molino vertical .....                                                                                                                                                                                                                                                        | 102 |
| Figura 57. | Molino horizontal de tres mazas con transmisión incorporada en la misma base .....                                                                                                                                                                                           | 103 |
| Figura 58. | Despiece isométrico de un molino de tres mazas con transmisión externa .....                                                                                                                                                                                                 | 104 |
| Figura 59. | Molino tirado por bestia .....                                                                                                                                                                                                                                               | 105 |
| Figura 60. | Trapiche de motor No. 13 (izquierdo) y Trapiche de bestia 3 mayales (derecha).....                                                                                                                                                                                           | 106 |
| Figura 61. | Disposición y ajuste entre mazas .....                                                                                                                                                                                                                                       | 110 |
| Figura 62. | Almacenamiento del bagazo .....                                                                                                                                                                                                                                              | 113 |
| Figura 63. | Prelimpiador .....                                                                                                                                                                                                                                                           | 115 |
| Figura 64. | Preparación de balso .....                                                                                                                                                                                                                                                   | 116 |
| Figura 65. | Proceso de evaporación y concentración .....                                                                                                                                                                                                                                 | 118 |
| Figura 66. | Hornilla panelera.....                                                                                                                                                                                                                                                       | 118 |
| Figura 67. | Hornilla tipo cundinamarca .....                                                                                                                                                                                                                                             | 118 |
| Figura 68. | Boca y parrilla del horno .....                                                                                                                                                                                                                                              | 119 |
| Figura 69. | Paila pirotubular .....                                                                                                                                                                                                                                                      | 120 |
| Figura 70. | Diferentes formas de las pailas .....                                                                                                                                                                                                                                        | 121 |
| Figura 71. | Cachacera .....                                                                                                                                                                                                                                                              | 121 |

|            |                                                                                                                                                                                        |     |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 72. | Bateas .....                                                                                                                                                                           | 122 |
| Figura 73. | Batido .....                                                                                                                                                                           | 123 |
| Figura 74. | Moldeo de la panela .....                                                                                                                                                              | 123 |
| Figura 75. | Gavera .....                                                                                                                                                                           | 123 |
| Figura 76. | Cuarto de moldeo rodeado de malla polisombra .....                                                                                                                                     | 124 |
| Figura 77. | Vista en planta del cuarto de batido y moldeo<br>para la elaboración de panela .....                                                                                                   | 124 |
| Figura 78. | Cuarto de moldeo .....                                                                                                                                                                 | 126 |
| Figura 79. | Empaque y almacenamiento de panela .....                                                                                                                                               | 126 |
| Figura 80. | Presentaciones de panela .....                                                                                                                                                         | 127 |
| Figura 81. | (Izquierda) Flores de balso en estado inmaduro, (derecha superior)<br>árbol balso comenzando floración y (derecha inferior) punto óptimo de<br>maduración de la semilla de balso ..... | 133 |
| Figura 82. | Balzo asociado a plátano .....                                                                                                                                                         | 134 |
| Figura 83. | Inflorescencias cadillo blanco .....                                                                                                                                                   | 135 |
| Figura 84. | Aglutinante: cadillo blanco .....                                                                                                                                                      | 135 |
| Figura 85. | Semilla de cadillo blanco .....                                                                                                                                                        | 135 |
| Figura 86. | (Izquierda y centro) Floración de cadillo negro y (derecha)<br>Semilla de cadillo negro .....                                                                                          | 136 |
| Figura 87. | Cadillo negro .....                                                                                                                                                                    | 137 |
| Figura 88. | Flor y fruto cadillo mula .....                                                                                                                                                        | 138 |
| Figura 89. | Plantas de san Joaquín .....                                                                                                                                                           | 140 |
| Figura 90. | Arriba Planta de Juan blanco Iniciando desarrollo y abajo envés<br>blanco característico de la planta .....                                                                            | 141 |
| Figura 91. | Panela empacada en termoencogible .....                                                                                                                                                | 142 |
| Figura 92. | Panela empacada en bolsa de papel .....                                                                                                                                                | 143 |
| Figura 93. | Panorámica de trapiche .....                                                                                                                                                           | 144 |
| Figura 94. | Empacado de la panela .....                                                                                                                                                            | 145 |
| Figura 95. | Comportamiento estacional del precio al productor de<br>panela en Colombia (1991-2005) .....                                                                                           | 147 |
| Figura 96. | Índice de precios al productor de panela y azúcar (dic. 1990-dic. 2005) .....                                                                                                          | 148 |
| Figura 97. | Diferentes presentaciones de panela .....                                                                                                                                              | 148 |
| Anexo 1    |                                                                                                                                                                                        |     |
| Figura 1.  | Tamaño de las pilas de compost .....                                                                                                                                                   | 160 |
| Figura 2.  | Esquema de un sistema de colección y tratamiento de aguas<br>residuales en asentamientos dispersos (rurales y semi-rurales) .....                                                      | 168 |
| Figura 3.  | Esquema de sistemas de tratamiento en el sitio utilizando el<br>subsuelo como medio de tratamiento .....                                                                               | 169 |
| Anexo 2    |                                                                                                                                                                                        |     |
| Figura 1.  | (Superior izquierda) caña en asocio con maíz, (derecha) caña en asocio<br>con frijol voluble e (inferior) caña en asocio con frijol arbustivo .....                                    | 174 |
| Figura 2.  | Caña en asocio con especies arbóreas .....                                                                                                                                             | 174 |

## Lista de tablas

|           |                                                                                                                                                                      |     |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1.  | Panela: Producción por país (toneladas) .....                                                                                                                        | 18  |
| Tabla 2.  | Estimación del consumo de panela en Colombia.....                                                                                                                    | 20  |
| Tabla 3.  | Área cosechada, producción y rendimiento de la caña panelera, por departamento, en Colombia (1998) .....                                                             | 31  |
| Tabla 4.  | Valor de producción de los principales cultivos y participación en el PIB agrícola de 1998 .....                                                                     | 32  |
| Tabla 5.  | Clasificación de suelos cultivados en caña para panela .....                                                                                                         | 42  |
| Tabla 6.  | Grados de permisibilidad de la semilla a enfermedades .....                                                                                                          | 46  |
| Tabla 7.  | Producción de caña (t/ha) de acuerdo con el método y las distancias de siembra .....                                                                                 | 48  |
| Tabla 8.  | Variedades para producción de panela y miel para las diferentes regiones agroecológicas .....                                                                        | 54  |
| Tabla 9.  | Principales características de las variedades de caña de mayor potencial agroecológico .....                                                                         | 56  |
| Tabla 10. | Rasgos de buena fertilidad (tallo) .....                                                                                                                             | 66  |
| Tabla 11. | Nutrientes asimilados por la caña y sus requerimientos de fertilización .....                                                                                        | 67  |
| Tabla 12. | Condiciones de producción de la caña en Antioquia .....                                                                                                              | 69  |
| Tabla 13. | Rangos críticos de algunos fertilizantes en caña .....                                                                                                               | 69  |
| Tabla 14. | Recomendaciones sobre fertilización en caña .....                                                                                                                    | 70  |
| Tabla 15. | Recomendaciones sobre fertilización con borax, sulfato de zinc y azufre elemental en caña .....                                                                      | 70  |
| Tabla 16. | Fertilizante compuesto 10-20-20 (N-P-K), por hectárea a diferentes distancias entre surcos .....                                                                     | 70  |
| Tabla 17. | Contenido de N, P, K en diferentes estiércoles .....                                                                                                                 | 71  |
| Tabla 18. | Tipos de materia orgánica en el suelo .....                                                                                                                          | 72  |
| Tabla 19. | Tipo de arvense.....                                                                                                                                                 | 74  |
| Tabla 20. | Trapiches de motor.....                                                                                                                                              | 109 |
| Tabla 21. | Recomendaciones de velocidad de mazas (v) y abertura de entrada (Ae) para los molinos colombianos, con los estimativos de capacidad nominal (CN) y potencia (P)..... | 112 |
| Tabla 22. | Cantidad de panela obtenida con diferente porcentaje de extracción y diferentes grados brix por tonelada de caña .....                                               | 124 |
| Tabla 23. | Estructura de costos para el establecimiento de una hectárea en caña panelera .....                                                                                  | 151 |
| Tabla 24. | Estructura de costos para el sostenimiento de una hectárea en caña panelera .....                                                                                    | 152 |
| Tabla 25. | Beneficio panela-costos (para 100 cargas de panela).....                                                                                                             | 152 |
| Anexo 1   |                                                                                                                                                                      |     |
| Tabla 1.  | Formulación con aserrín.....                                                                                                                                         | 162 |
| Tabla 2.  | Formulación con bagazo .....                                                                                                                                         | 162 |
| Tabla 3.  | Formulación con pasto de corte .....                                                                                                                                 | 163 |
| Tabla 4.  | Distancias mínimas.....                                                                                                                                              | 167 |
| Anexo 3   |                                                                                                                                                                      |     |
| Tabla 1.  | Algunos árboles utilizados frecuentemente en el establecimiento de huertos leñeros .....                                                                             | 178 |
| Tabla 2.  | Lista de especies dendroenergéticas más usadas en la jurisdicción de Cornare .....                                                                                   | 178 |

# **Presentación**

El presente manual es elaborado y editado en el marco del acuerdo suscrito por el gobierno del departamento de Antioquia, Gerencia de Seguridad Alimentaria y Nutricional -MANA- y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO-, para desarrollar los proyectos UTF/COL/027/COL Fortalecimiento de la seguridad alimentaria y nutricional a nivel rural en el departamento de Antioquia, y TCP/COL/3101 *Fortalecimiento de capacidades en Buenas Prácticas Agrícolas y organización comunitaria, para contribuir a la seguridad alimentaria del departamento de Antioquia, en apoyo al UTF/COL/027/COL*.

Estos proyectos contribuyen al logro de los objetivos de MANA, a fin de mejorar la situación alimentaria y nutricional de la población más vulnerable a través de una estrategia integral de fortalecimiento productivo, organizacional y de seguridad alimentaria y nutricional, implementada con organizaciones de pequeños productores del departamento. La estrategia tiene por núcleo temático las buenas prácticas agrícolas y de manufactura, las que contribuyen al desarrollo de las políticas en torno a la producción más limpia y al desarrollo rural de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, la cual ha acompañado el desarrollo de este proyecto.

El presente manual de BPA y BPM es un instrumento orientador dirigido a técnicos, y estará acompañado por unas Guías para Facilitadores campesinos y unas Cartillas para productores, las cuales constituyen los materiales pedagógicos para el desarrollo de las Escuelas de Campo de Agricultores -ECA-, como parte de la metodología “aprender haciendo”.

La producción del Manual fue contratada por el Convenio FAO-MANA, proyecto TCP/COL/3101, con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA- a través del Centro de Investigación “La Selva”. Esta institución contribuye al bienestar de la población colombiana mediante la generación y transferencia de tecnologías, para hacer más eficiente y rentable la producción agropecuaria con criterios de competitividad, equidad, sostenibilidad y desarrollo científico y tecnológico.

Se contó con la orientación y el concepto técnico del Equipo FAO Regional de América Latina y el Caribe, por intermedio de Juan Izquierdo, Ph.D., Oficial Principal de Producción Vegetal, y Marcos Rodríguez Fazzone, consultor en BPA FAO.

Igualmente, se elaboró de manera previa un documento base con especificaciones técnicas para la construcción del manual, por parte del equipo técnico del convenio FAO-MANA, en el cual, participaron en forma especial, Jaime Piedrahita Yepes, Diego Molina Restrepo y Óscar Botero Villa. Se contó, además, con Alejandro Ramírez Madrid en la coordinación general de la publicación.

## **Agradecimientos**

El autor expresa sus agradecimientos a todas las personas, entidades y dependencias que de alguna forma colaboraron e hicieron posible esta publicación.

Al doctor Sergio Correa Peláez, director del Centro de Investigación La Selva de CORPOICA y al doctor Arturo Vega Barón, director ejecutivo de CORPOICA, por el apoyo administrativo y el respaldo institucional a nuestras actividades, así como por el apoyo y estímulo en los trabajos sobre la producción de la caña de azúcar. Especial reconocimiento a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO- y al Plan de Mejoramiento Alimentario y Nutricional de Antioquia -MANA-, su aporte ha permitido la publicación de este documento.

Al doctor Jaime Piedrahita Yepes, por la gestión y dirección del acuerdo entre CORPOICA y el Convenio FAO-MANA -proyecto TCP/COL/3101- y su apoyo hasta llevar a feliz término la realización de este manual. Al equipo técnico del *proyecto de Seguridad Alimentaria y Buenas Prácticas Agrícolas para el Sector Rural en Antioquia (convenio FAO-MANA)*, en particular, a Diego Molina Restrepo y Óscar Botero Villa por sus observaciones, aportes y contribución al enfoque BPA y BPM y, en forma especial, a Alejandro Ramírez Madrid por la coordinación de la publicación, por su dedicación y empeño frente a la redacción y calidad final del presente Manual. Igualmente, a Juan Carlos Márquez por su trabajo de edición a través de una corrección de texto y estilo comprometida.

Mi gratitud al equipo de trabajo del programa de Transferencia de Tecnología de CORPOICA La Selva: Ruth Torres R., Nilsen A. Sánchez G. y Giovanny Parra G., quienes aportaron ideas para la composición y edición final de esta publicación.



# **Introducción**

El presente documento Manual Técnico BPA y BPM es el producto del esfuerzo de un grupo de investigadores de Corpoica y productores de panela, quienes de manera solidaria han acompañado a la Corporación en la generación de algunas alternativas tecnológicas acordes con las condiciones agroecológicas del país panelero.

La tecnología sobre el cultivo de la caña panelera es un instrumento de consulta y orientación que contiene los lineamientos de acción de carácter conceptual, metodológico y procedimental para desarrollar en la agroindustria panelera, en busca de una implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y las Buenas Prácticas de Manufactura -BPM.

Las BPA y BPM son todas las acciones tendientes a reducir los riesgos microbiológicos, físicos y químicos en la producción y beneficio de la caña panelera.

Con la ejecución de las BPA y BPM en diferentes actividades, se busca fortalecer los procesos de planificación, manejo agronómico y beneficio de este sector. De esta manera, el principal objetivo que pretende este manual es proponer opciones tecnológicas de manejo en ese sector agroindustrial.

El sistema de producción de caña panelera, a diferencia de otros cultivos, no requiere el uso de muchos agroquímicos para su producción en lo que concierne al manejo agronómico del cultivo; únicamente se recomienda, dentro de las Buenas Prácticas Agrícolas, el uso de pesticidas para el tratamiento de la semilla y algunos abonos de origen químico para complementar la fertilización orgánica de por sí insuficiente, para el buen desarrollo y producción del cultivo. Además, el manejo agronómico del cultivo requiere muy pocas prácticas culturales (desyerbas) para su buen desarrollo.

Para el Manejo Integrado de Insectos Plagas y Enfermedades -MIPE- en esta especie, no se recomienda dentro de las BPA el uso de agroquímicos; los controles son de tipo cultural, biológico y de mejoramiento genético de variedades.

Dentro del proceso de producción de panela (clarificación, evaporación y concentración), los productores utilizan algunos aditivos como el clarol y anilinas que contaminan la panela y se convierten en riesgos microbiológicos y químicos que atentan contra la salud de los consumidores por sus efectos cancerígenos.

Con las BPM en la producción de panela se puede obtener un producto inocuo e higiénico. Estas BPM se refieren al corte, alce y transporte -CAT- adecuados de la caña, a una buena clarificación de los guarapos, con el uso de prelimpiadores y algunos aglutinantes vegetales (balso, cadillo, guásimo, juan blanco, etc); al empleo de pailas, bateas y otros implementos usados durante el proceso, en acero inoxidable, y el cuarto de moldeo adecuado.

En resumen, con este Manual Técnico BPA y BPM sobre la tecnología para el cultivo de la caña panelera, se pretende orientar al productor en el uso eficiente y racional de los recursos naturales

y la adopción de tecnologías (BPA y BPM) ambiental y económicamente viables, que permitan mejorar la relación entre las actividades agropecuarias y su entorno natural, además de la producción de algunos residuos que se puedan utilizar como abono en los cultivos (hojarasca, cenizas del horno y cachazas). Con los productores que emplean más tecnología, se pretende un modelo que conduzca al uso racional y adecuado de los recursos existentes utilizados tanto en el proceso de producción de la caña como en su beneficio, con el fin de lograr una producción con BPA y BPM que mejore la rentabilidad.

Por último, se dan algunas recomendaciones tendientes a la aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura, muy importantes para la producción de un alimento higiénico e inocuo como debe ser la panela.

## Importancia socioeconómica del cultivo

### Mercado mundial de la panela

El cultivo de la caña de azúcar es una actividad agrícola de gran importancia socioeconómica en el mundo. En Colombia, dentro de los cultivos permanentes, ocupa el segundo lugar en extensión con 249.384 hectáreas (Minagricultura, 2004), después del café. Del área total cultivada, el 61% se dedica a la producción de panela; el 32% a la producción de azúcar, y el 7% a mieles, guarapos y forrajes.

Según cifras de la FAO, 25 países en el mundo producen panela, y Colombia es el segundo productor después de la India. Para el período 1998–2002, la India concentró el 86% de la producción mundial, mientras que Colombia cerca del 13,9%; es evidente por tanto que la producción mundial de panela se concentra en estos dos países (Minagricultura, 2006) (tabla 1).

**Tabla 1.** Panela: Producción por país (toneladas)

| Puesto | País       | 1992      | 2002      | Acumulado<br>producción<br>1998-2002 | Part (%)<br>1998-2002 | Crecim (%)<br>1992-2002 |
|--------|------------|-----------|-----------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1      | India      | 8.404.000 | 7.214.000 | 42.448.000                           | 86,1                  | - 1,1                   |
| 2      | Colombia   | 1.175.650 | 1.470.000 | 6.858.840                            | 13,9                  | 1,9                     |
| 3      | Pakistán   | 823       | 600       | 2.872                                | 0,0058                | - 8,2                   |
| 4      | Myanmar    | 183       | 610       | 2.486                                | 0,0050                | 11,5                    |
| 5      | Bangladesh | 472       | 298       | 2.145                                | 0,0043                | -1,3                    |
| 6      | China      | 480       | 400       | 2.112                                | 0,0043                | - 2,1                   |
| 7      | Brasil     | 240       | 210       | 1.320                                | 0,0027                | 1,2                     |
| 8      | Filipinas  | 101       | 127       | 565                                  | 0,0011                | 2,1                     |
| 9      | Guatemala  | 56        | 44        | 228                                  | 0,0005                | - 2,8                   |
| 10     | México     | 51        | 37        | 183                                  | 0,0004                | - 4,6                   |
| 11     | Perú       | 25        | 28        | 129                                  | 0,0003                | 0,7                     |
| 12     | Kenya      | 25        | 23        | 120                                  | 0,0002                | - 0,6                   |
| 13     | Honduras   | 32        | 21        | 106                                  | 0,0002                | - 6,7                   |
| 14     | Haití      | 40        | 21        | 106                                  | 0,0002                | - 8,6                   |
| 15     | Uganda     | 13        | 15        | 75                                   | 0,0002                | 1,6                     |
| 16     | Nigeria    | 24        | 14        | 74                                   | 0,0002                | - 4,8                   |
|        | Mundo      | 9.582.301 | 8.686.525 | 49.319.714                           | 100.0%                | - 0,8                   |

Fuente: FAO. Cálculos conversatorio Agrocadenas

Países como Pakistán y China, y latinoamericanos como Brasil, México y Perú también producen panela, no obstante, su nivel de producción es mínimo, no alcanza a representar el 0,001% de la producción mundial. Además, con excepción de unos pocos, la mayoría de países presentan tasas de crecimiento negativas en su producción. La producción de panela en el mundo registra un leve descenso del 0,8% anual entre 1992 y 2002, donde los principales descensos se observan en Haití, con una reducción anual de -8,6%, Pakistán con -8,2%, Honduras con -6,7%, Nigeria con -4,8% y México con -4,6%.

Sin embargo, entre los países con una importancia dinámica de crecimiento de la producción de panela se encuentra Myanmar, país que triplicó su producción al pasar de producir 183 toneladas en 1992 a 610 en el 2002, a una tasa de crecimiento anual de 11,5%, seguido por Japón, cuyo crecimiento en la producción fue de 9,2%, y Panamá, a una tasa de 6,1% anual. Colombia, por su parte, registró un crecimiento anual en la producción del 1,9%. El comercio internacional de panela es prácticamente inexistente, por lo cual este producto no se considera transable, y toda la oferta se dirige a los mercados internos.

La producción de panela es una de las principales actividades agrícolas de la economía nacional, entre otras razones por su participación significativa en el producto interno bruto (PIB) 7,3% agrícola, por la superficie dedicada al cultivo de la caña (249.384 hectáreas), por la generación de empleo rural (cerca de 25 millones de jornales anuales), porque se vinculan a esta actividad alrededor de 350.000 personas, 12% de la población rural económicamente activa, y porque, alrededor de la panela, se genera el equivalente a 120.000 empleos permanentes, a causa de la indiscutida importancia en la dieta de los colombianos (tabla 2).

En 1998 la producción panelera se valoró en cerca de \$915 mil millones de pesos (cerca de 350 millones de dólares). Se estima que en el país existen cerca de 70.000 unidades agrícolas que cultivan caña panelera y aproximadamente 15.000 trapiches en los que se elabora panela y miel de caña (Manrique E., R. et al., 1992)

El rendimiento promedio de la producción nacional de panela es de 6,2 t/ha cosechada. No obstante, este promedio presenta desviaciones altas debido a la heterogeneidad de las condiciones socioeconómicas y tecnológicas en que se desarrolla la producción. La mayoría de las actividades de producción tienen lugar en el contexto de la economía campesina, en unidades de pequeña escala con alto uso de mano de obra y bajos niveles de inversión en mejoras tecnológicas. Al mismo tiempo, se encuentran explotaciones medianas con mayor grado de tecnificación y algunas de mayor escala en las que la producción se desarrolla con índices de productividad y beneficios más altos.

## Consumo aparente de panela

El consumo aparente de panela en Colombia ha venido creciendo a una tasa de 3,3% anual entre 1994 y 2004, pasando de 1.237.328 toneladas en 1994 a 1.691.525 toneladas en 2004. El comportamiento del consumo aparente se explica por la

dinámica de la producción, toda vez que las importaciones y las exportaciones han sido marginales sin alcanzar a superar el 1% del consumo aparente; esto significa que la producción se destina casi en su totalidad al consumo doméstico.

**Tabla 2.** Estimación del consumo de panela en Colombia

| <b>Año</b> | <b>Producción<sup>1</sup> t</b> | <b>Importaciones t</b> | <b>Exportaciones t</b> | <b>Consumo aparente t</b> | <b>Consumo per cápita (kg/hab)</b> |
|------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 1990       | 1.092.629                       |                        |                        |                           |                                    |
| 1991       | 1.092.551                       | 9                      | 1.198                  | 1.091.363                 | 30,6                               |
| 1992       | 1.175.648                       |                        | 1.780                  | 1.173.868                 | 32,3                               |
| 1993       | 1.236.794                       | 3                      | 1.224                  | 1.235.573                 | 33,3                               |
| 1994       | 1.239.403                       |                        | 2.074                  | 1.237.328                 | 32,7                               |
| 1995       | 1.254.779                       | 19                     | 2.814                  | 1.251.983                 | 32,5                               |
| 1996       | 1.251.751                       | 5                      | 975                    | 1.250.781                 | 31,8                               |
| 1997       | 1.289.515                       | 2                      | 1.333                  | 1.288.184                 | 32,2                               |
| 1998       | 1.309.679                       | 1.039                  | 947                    | 1.309.771                 | 32,1                               |
| 1999       | 1.301.946                       | 4.315                  | 1.373                  | 1.304.888                 | 31,4                               |
| 2000       | 1.301.503                       | 3.801                  | 4.724                  | 1.300.579                 | 30,7                               |
| 2001       | 1.436.838                       |                        | 5.434                  | 1.431.405                 | 33,2                               |
| 2002       | 1.587.893                       | 20                     | 3.581                  | 1.584.332                 | 36,1                               |
| 2003       | 1.657.431                       |                        | 5.346                  | 1.652.085                 | 37,1                               |
| 2004       | 1.696.186                       | 40                     | 4.701                  | 1.691.525                 | 37,3                               |

Fuentes: Ministerio de Agricultura y DANE. Cálculos Observatorio Agrocadenas

1. La producción corresponde a caña panelera y no incluye material verde

2. Los datos de comercio exterior corresponden a Chancaca-Panela, Raspadura

El comportamiento del consumo aparente se explica por la dinámica de la producción, toda vez que las importaciones han sido marginales, sin alcanzar el 1% del consumo aparente; esto significa que la producción se destina casi en su totalidad al consumo doméstico. En la última década, la producción creció anualmente a una tasa del 3,3%, lo cual fue mayor que el crecimiento vegetativo de la población (1,8%), lo que llevó a un crecimiento del consumo per cápita, principalmente a partir del año 2002. Mientras en 1994 éste era de 32,7 kg./hab., en el 2002 subió a 36,1 kg./hab., para ubicarse en el año 2004 en 37,3 kg./hab.

El consumo de panela por habitante tiende a reducirse gradualmente debido al cambio de preferencias y de hábitos alimenticios de los consumidores: en 1949 se consumían 2 kg de panela por 1 kg de azúcar; en 2001, se consumieron 2 kg de azúcar por 1,5 kg de panela. Adicionalmente, el consumo de panela está siendo desplazado por otros productos sustitutos directos como el azúcar y los edulcorantes sintéticos, e indirectos como las bebidas gaseosas y los refrescos artificiales de bajo valor nutritivo. La panela ha perdido gradualmente su participación en la canasta de alimentos de los colombianos, especialmente en la de hogares urbanos de ingresos medios y altos.

Un factor que explica la contracción del mercado para la panela está referido a la estructura de la demanda de este tipo de bienes. La panela es un bien “inferior”, esto es, que el consumo se disminuye a medida que se incrementan los niveles de ingresos reales del consumidor. La variación del ingreso afecta la demanda de la panela, ésta ha sido calculada en -0,5% por un estudio de Corpoica y Fedepanela, es decir, que ante un aumento del 1% en el ingreso de los consumidores, su demanda de panela disminuye en 0,5%. Además,

las deficiencias en la calidad de la panela y la falta de control efectivo sobre el peso y sobre sus características fisicoquímicas y microbiológicas, limitan la expansión del mercado interno y la incursión en mercados internacionales. Igualmente, las deficiencias en los sistemas de empaque, transporte y almacenamiento ocasionan pérdidas considerables por el evidente deterioro de un producto perecedero como la panela.

## Consumo per cápita mundial de panela

Teniendo en cuenta el carácter de no trazabilidad internacional de la panela, los productores son al mismo tiempo los consumidores; sin embargo, pese a que la India es el mayor productor de panela, Colombia es el mayor consumidor.

El consumo promedio en los años noventa fue de 32 kg/hab; sin embargo, para el 2002 el consumo per cápita de panela en Colombia, según los datos de la FAO, presentó una disminución del 42%. Entre las razones atribuibles al descenso en el consumo se destacan el cambio de preferencias y de hábitos alimenticios de los consumidores. Así mismo, el consumo de panela se ha visto desplazado por otros productos sustitutos directos, como el azúcar y los edulcorantes sintéticos, e indirectos, como las bebidas gaseosas y los refrescos de bajo valor nutritivo. De hecho, tanto el campesino como el residente en las ciudades han sustituido la tradicional agua de panela por gaseosas, refrescos y similares, lo cual ha incidido en la pérdida gradual de participación del producto en la canasta de alimentos de los colombianos, especialmente en la de hogares de ingresos medios y altos (Mojica y Paredes, 2004).

Aunque esta tendencia al descenso no es particular de Colombia, en general muchos de los países productores han registrado un descenso en sus consumos de panela; tal es el caso de la India, que pasó de tener un consumo de 10 kg/hab en 1998 a tan solo 6 kg en 2002 (figura 1).

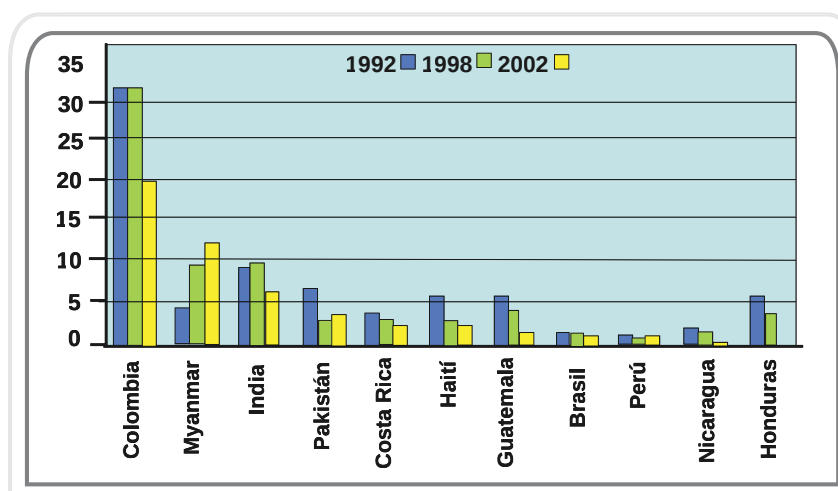


Figura 1. Consumo per cápita de panela (kg/hab)



# **Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas**

## **Introducción**

Las Buenas Prácticas Agrícolas son todas las acciones que se realizan en la producción de panela, desde la preparación del terreno hasta la cosecha, el embalaje y el transporte, orientadas a asegurar la inocuidad del producto, la protección al medio ambiente y la salud y el bienestar de los trabajadores.

La aplicación de las normas de BPA es voluntaria. Sin embargo, se cree que en un tiempo cercano las BPA serán indispensables para poder poner los productos en los principales mercados locales e internacionales. Los consumidores están cada vez más interesados en obtener alimentos sanos, producidos respetando el ambiente y el bienestar de los trabajadores. Las BPA nacen como nuevas exigencias de los compradores traspasadas a los proveedores. Para el productor, la ventaja principal es poder comercializar un producto diferenciado. La “diferencia” para el consumidor es saber que se trata de un alimento sano, de alta calidad y seguro, que al ser ingerido no representa un riesgo para la salud. Este tipo de producto diferenciado le otorga al productor mayores posibilidades de venta a mejores precios.

Mediante el cuidado del ambiente se busca reducir la contaminación, conservar la biodiversidad y valorizar los recursos naturales como el suelo y el agua. El uso irracional de productos químicos ha causado la contaminación de suelos y aguas, y los residuos de pesticidas permanecen en el medio y su acumulación puede producir pérdidas de la biodiversidad, además de intoxicaciones en los seres humanos. Por el contrario, el cuidado del ambiente tiene beneficios para el propio productor, se mantiene una mayor productividad a lo largo del tiempo al evitar la pérdida de la fertilidad de los suelos, es menor la contaminación de aguas y suelo, etc. Por otra parte, al incidir en el bienestar de los trabajadores se mejora la calidad de vida y la higiene, se atiende la salud y se previenen las intoxicaciones.

Ingresar a la producción bajo BPA significa para los productores adoptar manejos previamente comprobados, para lo que es fundamental la capacitación sobre higiene y seguridad, aplicación de agroquímicos, manejos durante la cosecha, entre otros. Significa además un gasto o inversión en tiempo y dinero, tanto en capacitación como en infraestructura, insumos y servicios.

La adopción de las BPA implica llevar registros de todas las actividades que se realizan. Esto hace que el productor tenga una visión más clara y ordenada de lo que está sucediendo en su predio. De todas maneras, el productor tiene que analizar previamente los beneficios de las BPA antes de embarcarse en este tipo de producción.

Dada la importancia que tienen las BPA en el comercio mundial, en el cuidado del medio ambiente y el bienestar de los trabajadores, la FAO ha decidido difundirlas, y capacitar y colaborar en su adopción.

Buenas Prácticas Agrícolas significa “hacer las cosas bien y dar garantía de ello”.

## **Definición de las BPA**

Las Buenas Prácticas Agrícolas son un conjunto de normas, principios y recomendaciones técnicas aplicadas a las diversas etapas de la producción agrícola, que incorporan el Manejo Integrado de Plagas -MIP- y el Manejo Integrado del Cultivo -MIC-, cuyo objetivo es ofrecer un producto de elevada calidad e inocuidad con un mínimo impacto ambiental, con bienestar y seguridad para el consumidor y los trabajadores y que permita proporcionar un marco de agricultura sustentable, documentado y evaluable.

En general, las BPA se basan en tres principios: la obtención de productos sanos que no representen riesgos para la salud de los consumidores, la protección del medio ambiente y el bienestar de los agricultores.

Para la implementación de un programa de BPA es importante el conocimiento previo de las acciones o líneas que rigen este sistema de calidad, como son: el medio ambiente, la sanidad e inocuidad de los productos, su trazabilidad por medio de registros, y la seguridad para los trabajadores y consumidores. Deben tenerse en cuenta, además, otros temas como el agua, el suelo, el empaque, el transporte y la manipulación.

## **Ventajas de la adopción de las BPA**

- Mejorar las condiciones higiénicas del producto.
- Prevenir y minimizar el rechazo del producto en el mercado debido a residuos tóxicos o características inadecuadas en sabor o aspecto para el consumidor.
- Minimizar las fuentes de contaminación de los productos, en la medida en que se implementen normas de higiene durante la producción y recolección de la cosecha.
- Abre posibilidades de exportar a mercados exigentes (mejores oportunidades y precios). En el futuro próximo, probablemente se transforme en una exigencia para acceder a dichos mercados.
- Obtención de nueva y mejor información de su propio negocio, merced a los sistemas de registros que se deben implementar (certificación) y que se pueden cruzar con información económica. De esta forma, el productor comprende mejor su negocio, lo cual lo habilita para tomar mejores decisiones.
- Mejora la gestión (administración y control de personal, insumos, instalaciones, etc.) de la finca (empresa) en términos productivos y económicos, y aumentar la competitividad de la empresa por reducción de costos (menores pérdidas de insumos, horas de trabajo, tiempos muertos, etc.).
- Se reduce la cadena comercial (menos intermediarios) al habilitar la entrada directa a supermercados, empresas exportadoras, etc.
- El personal de la empresa se compromete más con ella, porque aumenta la productividad gracias a la especialización y dignificación del trabajo agropecuario.
- Mejora la imagen del producto y de la empresa ante sus compradores (oportunidades de nuevos negocios) y, por agregación, mejora la imagen del propio país.
- Desde el punto de vista de las comunidades rurales locales, las BPA representan un recurso de inclusión en los mercados, tanto locales como regionales o internacionales. Así mismo, constituyen una excelente oportunidad para demostrarse a sí mismas y a otras comunidades semejantes que se pueden integrar con éxito, al tiempo que mejoran su calidad de vida y su autoestima, sin dejar de lado sus valores culturales.

## Filosofía de las BPA

El concepto de BPA implica:

- **Protección del ambiente:** se minimiza la aplicación de agroquímicos y su uso y manejo son adecuados, por tanto no se contaminan suelos y aguas y se cuida la biodiversidad.
- **Bienestar y seguridad de los trabajadores:** esto se logra mediante capacitación, cuidado de los aspectos laborales y de la salud (prevención de accidentes, de enfermedades gastrointestinales, higiene), y buenas condiciones en los lugares de trabajo.
- **Alimentos sanos:** los alimentos producidos le dan garantía al consumidor, porque son sanos y aptos para el consumo por estar libres de contaminantes (residuos de pesticidas, metales pesados, tierra, piedras, hongos).
- **Organización y participación de la comunidad:** los procesos de gestión son participativos, ayudan al empoderamiento y a la construcción de tejido social y fortalecen el uso de los recursos en busca de procesos de sostenibilidad.
- **Comercio justo:** los productores organizados cuentan con poder de negociación, logran encadenamientos con productores de bienes y servicios, se fomenta la generación de valor agregado a los productos de origen agropecuario, y así el productor recibe una justa retribución por su participación en el proceso de producción.

## Componentes BPA

**Semillas:** se debe fomentar el uso de variedades y especies comerciales resistentes o tolerantes a plagas y enfermedades importantes desde el punto de vista económico, con vistas a un uso racional de agroquímicos e insumos. Igualmente, se debe fomentar una adecuada selección de semillas entre los productores y utilizar especies adaptables a la zona de cultivo. Es importante que las semillas y especies utilizadas estén certificadas sanitariamente.

**Historia y manejo del establecimiento:** se debe conocer la historia del terreno y su uso actual, al igual que de los terrenos vecinos, para identificar ventajas y riesgos para el cultivo. Así mismo los lotes o unidades productivas, de manera que se defina el número o nombre del lote, y la variedad y el número de plantas o animales. Es de gran valor establecer un sistema básico de planificación de la producción y un sistema de monitoreo y evaluación.

**Manejo de suelos y sustratos:** las técnicas de cultivo más recomendadas, encaminadas a reducir la posibilidad de erosión y compactación del suelo, son la labranza mínima y la protección de pendientes. Además, se debe mantener el

Las BPA y BPM son acciones tendientes a reducir los riesgos microbiológicos, físicos y químicos en la producción y beneficio de la caña panelera.

suelo limpio de residuos no orgánicos. En cualquier caso, es recomendable utilizar distancias de siembra adecuadas con plantas sanas, y asegurarse de disponer de un análisis de suelos antes de proceder a establecer el cultivo.

Los cultivos se han de plantar donde haya más fertilidad y menos problemas de malezas (arvenses) o inundaciones. Pero también hay que fomentar la rotación de cultivos en la unidad productiva para evitar la esterilización y los desbalances químicos del suelo con sustancias.

**Uso de fertilizantes:** hay que asegurarse de que la aplicación de fertilizantes esté basada en los requerimientos nutricionales del cultivo con base en un análisis de suelo, para mantener su fertilidad por medio de un uso racional de los recursos y los insumos y evitar la contaminación de aguas y suelos. Para optimizar los beneficios y minimizar la pérdida de nutrientes, se debe determinar el momento de aplicación del fertilizante.

Hay que llevar un registro de la existencia de fertilizantes en la unidad productiva. Se debe verificar que éstos declaren su composición química (sobre el empaque o botella), y estén registrados oficialmente.

El almacenamiento de los fertilizantes debe cumplir con los criterios de seguridad: estar separados de los pesticidas y, donde no sea posible, separarlos por un espacio de aire y etiquetados; que estén en un área cubierta limpia y seca, y aislados del piso para evitar que se humedezcan. No se deben mezclar en un mismo espacio con alimentos, productos frescos o productos terminados, como tampoco se deben guardar en los sitios de residencia. Por último, se deben señalar las áreas de peligro y riesgos, con avisos sencillos y visibles a distancia.

**Riego:** es vital realizar acciones que propendan por la protección del recurso hídrico, garantizar que no haya acceso de animales domésticos a la fuente de agua y no aplicar agroquímicos y fertilizantes cerca de ella.

Se debe utilizar un sistema de riego eficiente y económicamente viable para asegurar un adecuado manejo del recurso hídrico. De igual forma, se recomienda el monitoreo del agua de riego por medio de análisis que permitan demostrar su calidad y pertinencia para regar cultivos, y realizar acciones correctivas en caso de resultados adversos.

**Protección de cultivos:** se deben aplicar técnicas reconocidas de Manejo Integrado de Plagas -MIP- y usar productos selectivos que sean específicos para la maleza, la enfermedad o la plaga objetivo, los cuales tienen un mínimo efecto sobre los organismos benéficos, la vida acuática, la capa de ozono y los consumidores. Para la implementación del MIP es indispensable el reconocimiento de los tipos de plagas, enfermedades y malezas que existen en la zona, con el fin de elegir los cultivos que se adapten a esas condiciones y realizar los monitoreos y evaluaciones de signos y síntomas de plagas y enfermedades que permitan tomar decisiones que involucren diferentes alternativas para el respectivo examen, donde el control químico no sea la única opción viable de verificación.

La elección de los productos fitosanitarios es de suma importancia en el proceso productivo, ya que este concepto involucra varios aspectos, a saber: justificación de la aplicación, mediante la verificación de la presencia de síntomas o signos de las plagas o enfermedades; categoría toxicológica del producto, ya que se debe fomentar el uso de plaguicidas registrados oficialmente y de baja toxicidad (categorías III y IV); dosificación mínima eficiente para el control; rotación de producto para evitar resistencia de las plagas y enfermedades a los agroquímicos, y competencia y conocimiento en la materia de quien recomienda el producto.

Los trabajadores deben recibir entrenamiento en el manejo de equipos y la aplicación de pesticidas, de igual forma, usar ropa de protección adecuada para disminuir los riesgos de salud y seguridad. Es vital asegurarse de que antes de realizar una aplicación, conozcan el producto que van a utilizar; no se deben hacer autoformulaciones. Cada aplicación está acompañada por instrucciones claras o símbolos donde se detalla la labor y la dosificación química y técnica requerida. El equipo de aplicación se debe mantener en buena condición realizando calibraciones y mantenimientos periódicos.

La disposición de residuos sobrantes de productos fitosanitarios debe hacerse de acuerdo con los procedimientos reglamentados. El almacenamiento de plaguicidas deberá ser en un sitio diferente a la casa de acuerdo a las regulaciones locales, en ubicación apropiada, ventilada, segura, iluminada, lejos de otros materiales y resistente al fuego. En lo posible, evitar derrames, y en caso de ocurrir realizar las labores adecuadas para contrarrestarlos. Se debe contar con los elementos necesarios para la medición y mezcla de agroquímicos y los medios para manejar intoxicaciones; además, tener a mano los teléfonos de hospitales, policía y dirección local de salud para solución de emergencias. Los envases vacíos de agroquímicos deben disponerse de acuerdo con la legislación nacional para evitar la exposición de las personas y la reutilización de los mismos.

Se deben llevar registros de todas las labores realizadas en el proceso productivo, incluyendo poscosecha y comercialización, de tal manera que se pueda trazar el producto.

**Recolección y manejo poscosecha:** hay que tener en cuenta el punto óptimo de cosecha de acuerdo con las exigencias del mercado. Se debe organizar un sistema conveniente de manipulación, clasificación, empaque y transporte, y almacenar lo empacado en la parcela, campo o centro de acopio, de forma que se evite la contaminación por roedores, plagas, pájaros o peligros físicos o químicos y se mantenga la vida útil adecuada. Es importante efectuar un análisis de los riesgos de higiene del sitio de manejo poscosecha, que será usado para establecer protocolos de higiene tanto para el personal como para los equipos.

Los trabajadores deben tener acceso a unidades sanitarias adecuadas para el manejo de excretas y lavado de manos cerca a su sitio de trabajo. Es de vital importancia capacitar a los trabajadores en instrucciones básicas de higiene antes de manipular productos frescos. Éstos no se deben tocar si se padece una enfermedad transmisible que inhabilite para manipular productos destinados al consumo humano. Por último, se debe garantizar el adecuado suministro de agua potable y evitar la contaminación por aguas residuales para las labores de poscosecha.

**Salud, seguridad y bienestar:** hay que fomentar condiciones de trabajo seguras y saludables para los trabajadores, implementando programas de capacitación sobre primeros auxilios, normas de higiene, procedimientos para accidentes y emergencias y entrenamiento para los que operan equipamiento complejo o peligroso. En este sentido, se recomienda mantener un registro de entrenamiento para cada trabajador.

Los trabajadores que realizan aplicaciones de productos fitosanitarios en la parcela deben recibir controles anuales de salud, los cuales estarán de acuerdo con las pautas establecidas por los códigos de salud locales. Así mismo, conviene abrir espacios de participación en jornadas de salud realizadas por el hospital y el municipio para los trabajadores y sus hijos, para conocer su estado nutricional.

Se debe garantizar que la persona contratada esté vinculada a algún régimen de salud, y respetar las edades para contratación de acuerdo con las disposiciones legales.

Es aconsejable fomentar en las familias de los trabajadores acciones encaminadas al reconocimiento de los derechos y deberes de los niños, buen trato entre los miembros de la familia, buena manipulación y preparación de los alimentos, que corresponda con unos hábitos alimentarios adecuados, mantenimiento de una huerta casera que les permita mejorar la alimentación de la familia, y propiciar condiciones de estudio para los menores de edad, junto con programas de complementación alimentaria, crecimiento y desarrollo, control prenatal y sobre los beneficios de la lactancia materna.

# **Generalidades del cultivo**

## **Origen y distribución**

Para algunos autores, la región originaria de la caña es el Nordeste de la India, específicamente la provincia de Bengala, de aquí el nombre de su capital, Gaura, de la palabra "Gur" que significa azúcar.

Para otros es de Nueva Guinea, y se extendió luego a Borneo, Sumatra y la India, posteriormente Alejandro Magno la llevó a Persia (331 ac), y los árabes la diseminaron en Siria, Palestina, Arabia y Egipto, de donde pasó a África y España. Otros estudiosos ubican su origen en la Indochina.

Hay algunos textos antiguos muy interesantes: todos nos inclinan a creer, dice Liautaud, que fue en las regiones intertropicales del Indostán donde los indios cultivaron por primera vez la caña, y que más tarde la llevaron al norte de la península hasta los 37 grados de latitud boreal, pues sabemos que una de las variedades más precoces, la caña verde (Arichú), se cultiva desde Patua hasta Bahar y en el reino de Cabul. Por otra parte, el azúcar constituyó siempre un objeto del rico comercio entre el Indostán y los demás países del antiguo mundo, sobre todo la Persia y la Arabia.

Pero tal vez el texto de más vieja data en el que se hace referencia a la caña dulce es el Código de Manú, escrito por el primero de los Manú, personajes heroicos de la India, más de mil años antes de la era cristiana (Corpoica – Sena, 1998).

El origen exacto de la caña de azúcar es todavía materia de investigación. Sin embargo, se considera que éste puede haber sido el archipiélago de Melanesia en Nueva Guinea 8.000 a 15.000 años antes de Cristo, de donde se difundió a las islas vecinas, la China y la India. La dispersión posterior ocurrió hacia Hawái, África Oriental, Madagascar, el Medio Oriente y el Mediterráneo, y hacia las islas del Atlántico, entre ellas las Islas Canarias. En 1493 Cristóbal Colón en su segundo viaje a América la trajo a las Islas del Caribe, particularmente a la isla La Española, la cual corresponde hoy a República Dominicana y Haití, de donde se difundió posteriormente a Cuba, Puerto Rico, México, Colombia y Perú. Al Brasil fue introducida por los portugueses alrededor del año 1500 (Corpoica – Sena, 1998).

A Colombia se cree que fue introducida por primera vez en 1510 en Santa María La Antigua del Darién; posteriormente en el Valle del Cauca en 1570 (Manrique, 2000).

Según Víctor Manuel Patiño, en su libro *Esbozo histórico sobre la caña de azúcar*: "La caña vino a Colombia en el año 1538 a través del puerto de Cartagena y dos años después en 1540 entró por Buenaventura al valle geográfico del río Cauca; en el Valle del Cauca, la caña de azúcar se puede observar desde épocas tan tempranas como el siglo XVI, cuando Sebastián de Belalcázar introdujo la gramínea desde Santo Domingo y la sembró en su estancia situada en cercanías a lo que hoy es Jamundí. La caña criolla que trajeron los españoles a finales del período colonial, llegó

de las Guayanas; la caña Tahití o Otahtí fue introducida al Valle entre 1802 y 1808. Entre 1930 y 1932 llegó la variedad POJ 2878, que hoy persiste en muchas zonas cañicultoras de Colombia, plantándose inicialmente en la margen izquierda del río Cauca, en Arroyohondo y Cañas Gordas, lugares muy cercanos a Cali, donde operan sendos trapiches paneleros” (Manrique et al, 2000). Para el mismo autor la penetración en el resto del país se hizo a partir de María la Baja en Bolívar, Valle de Apulo, Rionegro y Guaduas en Cundinamarca, Valle de Tensa en Boyacá y Vélez en Santander.

## **Sautatá, el sueño agroindustrial**

En el Distrito de Riosucio, en la orilla izquierda del río Atrato, cerca de la desembocadura de éste en el golfo de Urabá, Miguel Abuchar, aproximadamente en 1893, inició el montaje de una finca que llamó La María. Con estas tierras, él y sus hermanos conformaron la hacienda Sautatá.

En 1919 se decidió el montaje de un ingenio azucarero. La empresa del ingenio quedó constituida por Abuchar Hermanos, los hermanos Abarca y los hermanos Ricardo y Rafael Arrieta. Los montajes estuvieron bajo la dirección de los ingenieros Felipe Vidal, de Puerto Rico y José Ramón, de España. De la Empresa Agrícola formaban parte el Ingenio Central de Sautatá (Empresa Azucarera de Sautatá).

En 1920 la hacienda tenía plantadas 500 hectáreas, de las cuales salieron las 150 toneladas de caña para beneficiar la primera zafra de prueba el 15 de junio de 1921, acción saludada por el Presidente Marco Fidel Suárez como altamente provechosa para el Chocó; de acuerdo con el telegrama enviado a los socios. El Ingenio tenía permiso de la intendencia desde julio de 1921 para destilar alcohol de 30 a 42 y producir Bay Rum, tinturas medicinales y perfumes, que por las mismas condiciones del contrato estaban destinados a los mercados de la Costa Atlántica, con excepción del alcohol, que debía venderse a la Administración General de Licores del Chocó.

En 1926 se obtuvo la primera zafra comercial, que se inició el 25 de enero y terminó el 8 de mayo de 1926. En estos 52 días se produjeron 12.000 sacos de azúcar de 5 arrobas cada uno, a un precio de \$7,80 de oro legal puesto en Cartagena, y una producción de 134.000 galones de miel de purga para la producción de alcoholes.

Los mejores momentos se vivieron entre 1927 y 1930, cuando obtuvo excelentes resultados, lo que movió a la empresa a aumentar las plantaciones de caña y la longitud de las líneas férreas, y a comprar una locomotora.

En 1940 la empresa suspendió labores en el primer semestre, sin poder producir nunca los 50.000 sacos de azúcar que era su máxima capacidad. En este año el Instituto de Fomento Industrial había hecho intentos por ayudar a la única empresa Industrial del Chocó, financiando la zafra de ese año, sin lograr su objetivo.

En 1944 los costos de producción y transporte del producto a Cartagena lo hacían poco competitivo en el mercado, especialmente con el azúcar del Valle del Cauca o de Cuba.

Finalmente los equipos fueron vendidos a otros ingenios del Valle del Cauca.

Las actividades de la hacienda y del ingenio, consideradas fundamentales para el desarrollo de la región, por tratarse de su mayor empleadora, no estuvieron ajenas a las críticas por los procedimientos administrativos utilizados, y que los mismos dueños ejercieran la autoridad pública.

El Ingenio Sautatá fue el colofón de los esfuerzos sirios para implementar una industria local. Fueron 24 años de una empresa que se sostuvo en medio de las dificultades y la inestabilidad económica regional y

nacional, por la manera como los propietarios diversificaron desde el comienzo la producción. El hecho de que no dependiera exclusivamente del azúcar, les permitió mantenerse por tanto tiempo y muy seguramente generar ganancias en las otras actividades.

Se calcula que el Ingenio llegó a generar mil empleos directos. Además de su impacto en la economía chocoana, la hacienda incentivó una fuerte migración desde Bolívar y las sabanas de Córdoba hacia el denominado Urabá chocoano (Boletín Cultural y Bibliográfico, Vol. 34, Número 44, Chocó, 1997).

## Distribución geográfica de la panela

La producción de panela se halla ampliamente dispersa en la geografía colombiana, siendo una actividad económica frecuente en casi todos los departamentos del país. Las estadísticas sobre superficie cosechada, producción de panela y rendimiento obtenido son publicadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, con base en estimaciones elaboradas por las Unidades Regionales de Planificación Agropecuaria, URPA. En la tabla 3. se consignan las estadísticas departamentales de carácter preliminar correspondientes a 1998.

**Tabla 3.** Área cosechada, producción y rendimiento de la caña panelera, por departamento, en Colombia (1998)

| Departamento          | Superficie, ha | Participación % | Producción t/ panela | Participación % | Rendimiento kg/ha |
|-----------------------|----------------|-----------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| Antioquia             | 35.412         | 16,79           | 139.834              | 10,68           | 3.949             |
| Arauca                | 360            | 0,17            | 907                  | 0,07            | 2.519             |
| Bolívar               | 1.058          | 0,50            | 6.510                | 0,50            | 6.153             |
| Boyacá                | 20.991         | 9,96            | 285.048              | 21,76           | 13.580            |
| Caldas                | 11.470         | 5,44            | 40.939               | 3,13            | 3.569             |
| Caquetá               | 2.481          | 1,18            | 13.371               | 1,02            | 5.389             |
| Cauca                 | 11.386         | 5,40            | 49.896               | 3,81            | 4.382             |
| Cesar                 | 2.511          | 1,19            | 8.883                | 0,68            | 3.538             |
| Chocó                 | 1.856          | 0,88            | 2.515                | 0,19            | 1.355             |
| Córdoba               | 7              | 0,00            | 28                   | 0,00            | 4.000             |
| Cundinamarca          | 45.529         | 21,59           | 181.423              | 13,85           | 3.985             |
| Huila                 | 8.468          | 4,02            | 79.795               | 6,09            | 9.423             |
| Meta                  | 1.433          | 0,68            | 1.803                | 0,14            | 1.258             |
| Nariño                | 10.300         | 4,88            | 76.203               | 5,82            | 7.398             |
| N. de Santander       | 13.622         | 6,46            | 52.262               | 3,99            | 3.837             |
| Putumayo              | 408            | 0,19            | 1.238                | 0,09            | 3.034             |
| Quindío               | 361            | 0,17            | 3.463                | 0,26            | 9.592             |
| Risaralda             | 4.809          | 2,28            | 28.804               | 2,20            | 5.990             |
| Santander             | 18.241         | 8,65            | 240.998              | 18,40           | 13.212            |
| Sucre                 | 177            | 0,08            | 750                  | 0,06            | 4.249             |
| Tolima                | 14.451         | 6,85            | 66.145               | 5,05            | 4.577             |
| Valle                 | 5.142          | 2,44            | 28.864               | 2,20            | 5.613             |
| <b>Total Nacional</b> | <b>210.858</b> | <b>100,00</b>   | <b>1.309.679</b>     | <b>100,00</b>   | <b>6.211</b>      |

Fuente: Tomada de Minagricultura (1999) y cálculos del autor.

El conocimiento de la morfología de la planta permite diferenciar y reconocer las especies y variedades existentes, facilitando así la implementación de las BPA.

Los mayores productores de panela son Boyacá, Santander, Cundinamarca, Antioquia, Huila y Nariño, departamentos cuya producción aporta tres cuartas partes al total nacional. Los rendimientos obtenidos por hectárea son heterogéneos a causa de las diferencias entre diversos contextos socioeconómicos y tecnológicos en que se desarrolla la producción. Los mayores rendimientos se alcanzan en la región de la Hoya del río Suárez (ubicada en los departamentos de Boyacá y Santander), puesto que allí se ha logrado el mayor desarrollo tecnológico, tanto en el cultivo como en el procesamiento de la caña panelera.

El cultivo de la caña y la producción de panela son las actividades agrícolas primordiales en la economía nacional, entre otras razones por su significativa participación en el producto interno bruto (PIB) agrícola, la superficie dedicada al cultivo de la caña, la generación de empleo rural y su indiscutible importancia en la dieta de los colombianos.

En 1998 la producción panelera se valoró en cerca de 7 mil millones de pesos (en el orden de 350 millones de dólares) y aportó con 7,3% a la formación del PIB agrícola (tabla 4). En cuanto al contexto de la agroindustria rural, la elaboración de panela es de gran importancia por el número de trapiches y por la cantidad de mano de obra vinculada (García, 2004).

En el país se estima que existen cerca de 70.000 unidades agrícolas que cultivan caña panelera y aproximadamente 15.000 trapiches en los que se elabora panela y miel de caña (Manrique, 1992).

**Tabla 4.** Valor de producción de los principales cultivos y participación en el PIB agrícola de 1998

| Cultivo               | Valor<br>(millones) | Participación en el PIB<br>agrícola (%) |
|-----------------------|---------------------|-----------------------------------------|
| <b>Café</b>           | 16.330              | 16,9                                    |
| <b>Caña de azúcar</b> | 12.151              | 12,6                                    |
| <b>Flores</b>         | 7.745               | 8,0                                     |
| <b>Caña panelera</b>  | 7.100               | 7,3                                     |
| <b>Plátano</b>        | 6.872               | 7,1                                     |
| <b>Palma africana</b> | 6.828               | 7,1                                     |
| <b>Papa</b>           | 6.515               | 6,7                                     |
| <b>Arroz</b>          | 6.221               | 6,4                                     |
| <b>Frutales</b>       | 5.934               | 6,1                                     |
| <b>Hortalizas</b>     | 4.318               | 4,5                                     |
| <b>Otros cultivos</b> | 16.740              | 17,3                                    |
| <b>Total agrícola</b> | 96.754              | 100,0                                   |

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1999).

## Situación en Antioquia

En el año 2001, el área total sembrada con caña para panela era de 38.666 hectáreas, equivalentes al 10,57% del área agrícola. El volumen de producción fue de 144.198 toneladas de panela, lo que representa un rendimiento de 3.857 kilogramos por hectárea cosechada (figura 3).

De los 125 municipios de Antioquia, 76 registran áreas con cultivos de caña, correspondientes al 60,8% del departamento; se destacan Campamento, Yolombó, San Roque, Frontino, Santo Domingo y Angostura (Fedepanela – Secretaría de Agricultura de Antioquia, 2002).

## FICHA TÉCNICA

### E N A N T I O Q U I A

|                           |                                                                                         |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CONSUMO</b>            | 40.0 kg/hab./año primer consumidor en el país, al igual que el eje cafetero             |
| <b>PRODUCCIÓN</b>         | Antioquia cuarto productor: 144.655.0 t/año<br>Boyacá primer productor: 240.052.0 t/año |
| <b>ESQUEMA PRODUCTIVO</b> | Economía campesina, principalmente                                                      |
| <b>PRODUCTORES</b>        | 18.000 productores de caña y 2.000 trapiches                                            |

Fuente: Rodríguez 1997. CIMPA 1992. Cálculos y proyecciones FEDEPANELA con base en el Anuario Minagricultura2000

## INDICADORES

### E N A N T I O Q U I A

|                                |                                                                                                                    |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ARTICULACIÓN</b>            | Dinamiza e integra otras industrias y servicios del sector                                                         |
| <b>MERCADEO</b>                | Se produce durante todo el año                                                                                     |
| <b>ESQUEMA PRODUCTIVO</b>      | Alta demanda interna, alto potencial industrial y para Mercados regional e internacionales. Alta panela adulterada |
| <b>IMPORTANCIA NUTRICIONAL</b> | Edulcorante de bajo costo con aporte de minerales y Trazas de vitaminas. Alto consumo es estratos populares        |

Fuente: Secretaría de Agricultura. Cálculos y proyecciones. Equipo Técnico Secretaría de Agricultura. Con base en Estadísticas por censo año 2000.

## INDICADORES

### E N A N T I O Q U I A

|                                   |                                              |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>PARTICIPACIÓN PIB AGRÍCOLA</b> | 6.70%. Sexto renglón del PIB agrícola        |
| <b>ÁREA COSECHADA (2000)</b>      | 37.747.7 ha                                  |
| <b>PRODUCCIÓN PANELA (2000)</b>   | 144.655.0 toneladas/año                      |
| <b>EMPLEOS PERMANENTES</b>        | 39.000 y 135.000 ocasionales                 |
| <b>ALIMENTO BÁSICO</b>            | Para los estratos de ingresos medios a bajos |

Fuente: Rodríguez 1997. CIMPA 1992. Cálculos y proyecciones FEDEPANELA con base en el Anuario Minagricultura2000

Figura 2. Fichas técnicas en Antioquia

Los factores ecológicos que constituyen el ambiente en el cual se desarrolla una planta son: el climático, el biótico y el edáfico.

## Taxonomía

La caña de azúcar se ubica en la siguiente clasificación botánica:

**Reino:** Vegetal  
**Tipo:** Fanerógamas  
**Subtipo:** Angiospermas  
**Clase:** Monocotiledóneas  
**Orden:** Glumales  
**Familia:** Gramíneas  
**Tribu:** Andropogoneas  
**Género:** *Saccharum*  
**Especies:** *Spontaneum* y *robustum* (silvestres), *edule*, *barberi*, *sinense* y *officinarum* (domesticadas)

La *S. officinarum* corresponde a las cañas cultivadas hoy en día y se considera que fue domesticada a partir de *S. robustum*. Cada una de las especies mencionadas tiene sus propias características que la identifican de manera específica. El número de cromosomas es variable dentro de cada especie, lo cual ha incidido en una variación genética amplia en sus progenies, cuando ellas han sido utilizadas en cruces entre las especies.

Los clones comerciales de caña de azúcar son derivados de las combinaciones entre las seis especies anteriores. En Colombia, este proceso se inició con la plantación de los clones badila, cristalina, othaheiti, castilla o blanca, cayanna, rayada y uba, entre otros. Los clones de *S. officinarum* se reemplazaron en forma exitosa en Colombia por variedades de mayor producción como POJ 2878 (de la isla de Java en Indonesia) la cual, a su vez, fue reemplazada por la variedad CP 57-603 (de Canal Point de EE. UU.), altamente productiva de caña y azúcar (Cassalet y Rangel, s.f.).

## Morfología de la caña de azúcar

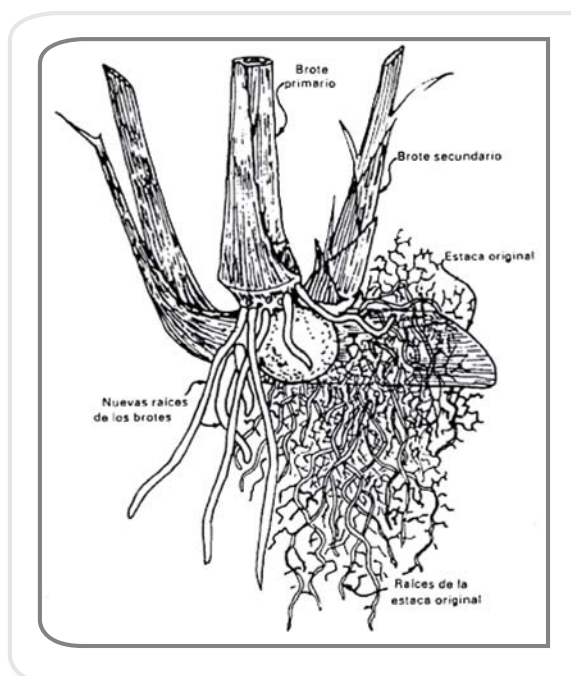
La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia de las gramíneas.

El conocimiento de la morfología de la planta permite diferenciar y reconocer las especies y variedades existentes; también, relacionarlas con comportamientos en rendimientos y adaptabilidad, lo que facilita la implementación de las BPA, porque se mejora el conocimiento del productor sobre su cultivo y facilita algunas acciones.

Las partes básicas de la estructura de una planta, que determinan su forma, son: la raíz, el tallo, las hojas y la flor.

### Sistema radical

Constituye la parte subterránea del eje de la planta; es el órgano sostén y el medio para la absorción de nutrientes y agua del suelo. En la planta de caña se distinguen dos tipos de raíces, como se muestra en la figura 3.



**Figura 3.** Sistema radicular de la caña de azúcar

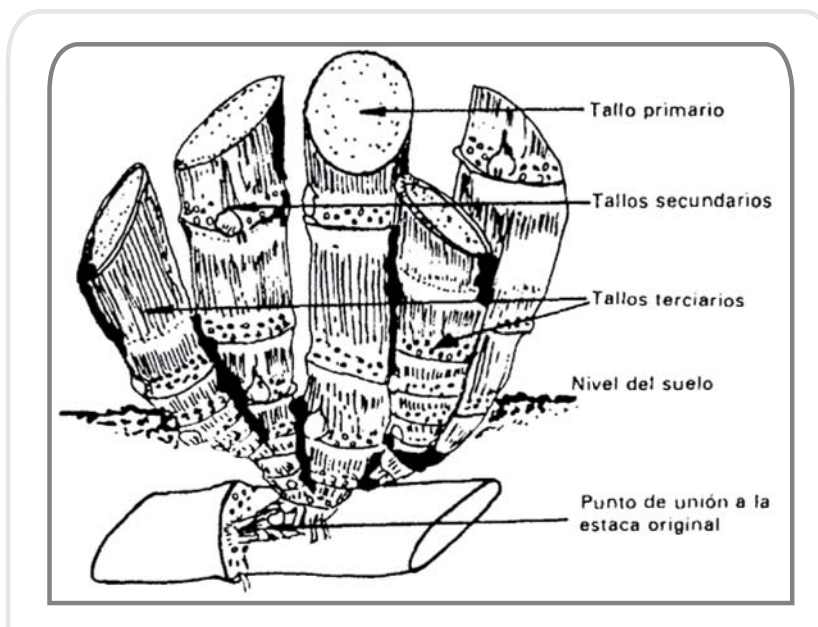
*Raíces primordiales:* corresponden a las raíces de la estaca original de siembra; son delgadas, muy ramificadas y su período de vida llega hasta los tres meses de edad.

*Raíces permanentes:* brotan de los anillos de crecimiento de los nuevos brotes, son numerosas, gruesas, de rápido crecimiento y su proliferación avanza con el desarrollo de la planta. Su cantidad, longitud y edad dependen de la variedad y de las condiciones de suelo y humedad. La raíz de la caña es fasciculada.

## El tallo

Es el órgano más importante de la planta de la caña, puesto que allí se almacenan los azúcares; el número, el diámetro, el color y el hábito de crecimiento dependen de la variedad. La longitud de los tallos, en gran parte depende de las condiciones ambientales de la zona y del manejo que se le dé a la variedad. Los tallos pueden ser primarios, secundarios o terciarios. Las partes constitutivas del tallo se presentan en la figura 4 y sus componentes morfológicos en la figura 7.

**Las fluctuaciones de temperatura mayores a 8°C son importantes porque ayudan a formar y retener sacarosa; estas variaciones permiten una alta productividad en la caña.**



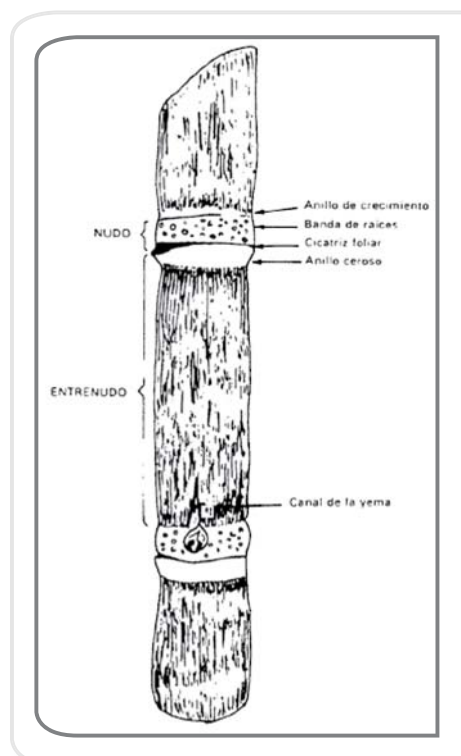
**Figura 4.** Tallos de la caña y su diferenciación

#### *El nudo*

Es la porción dura y más fibrosa del tallo que separa dos entrenudos vecinos. El nudo, a su vez, se encuentra conformado por el anillo de crecimiento, la banda de raíces, la cicatriz foliar, el nudo propiamente dicho, la yema y el anillo ceroso. La forma de la yema y su pubescencia son diferentes en cada variedad y, por tanto, muy usados para su identificación (figura 5).

#### *El entrenudo*

Es la porción del tallo localizada entre dos nudos. El diámetro, el color, la forma y la longitud cambian con la variedad. El color es regulado por factores genéticos, cuya expresión puede ser influenciada por condiciones del medio ambiente. Sus formas más comunes son cilíndrico, abarrilado, constreñido, coneiforme y curvado (figura 6).



**Figura 5.** Nudo y entrenudo. Partes principales del tallo de la caña de azúcar

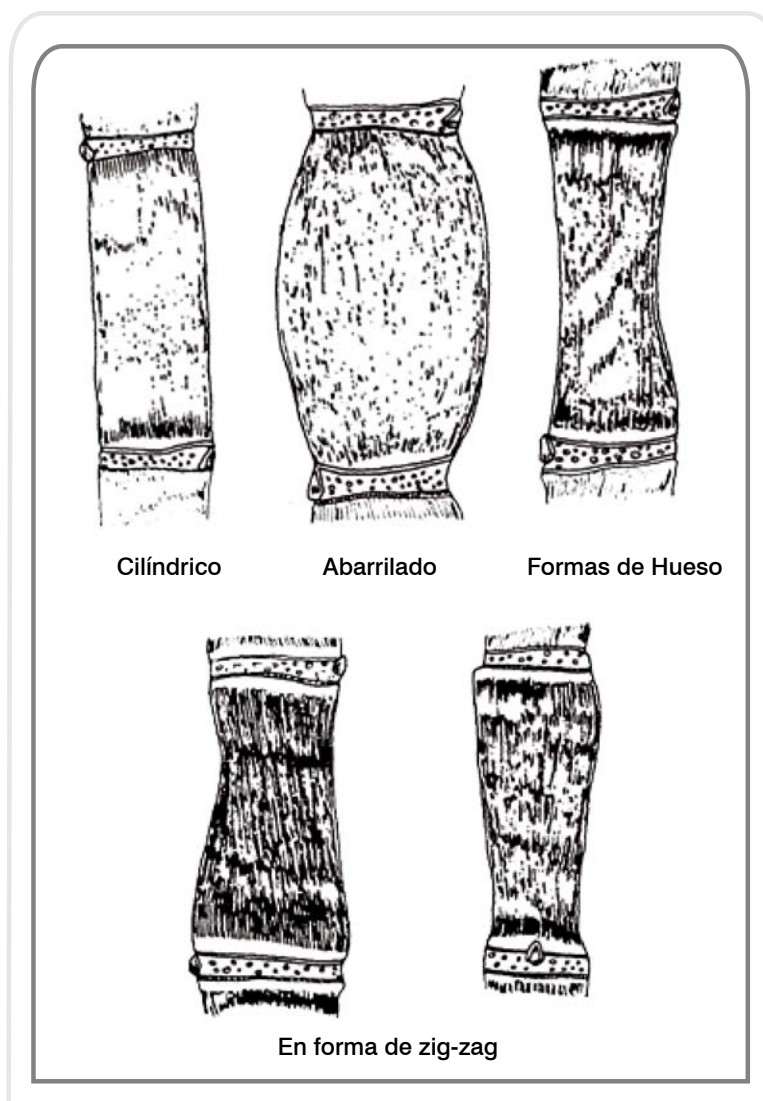


Figura 6. Formas del entrenudo

## Hoja

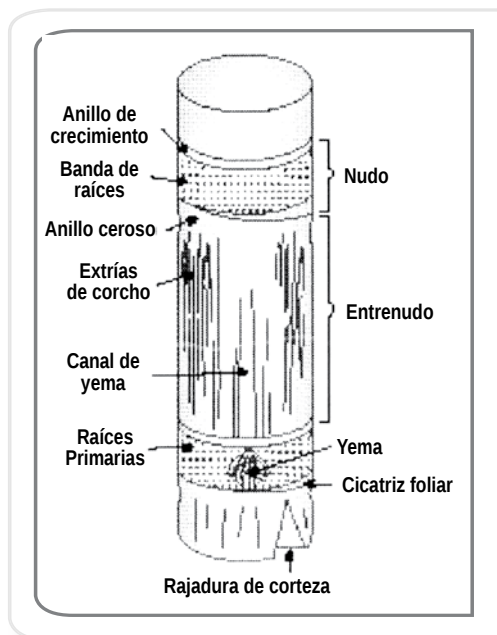
Se origina en los nudos y se distribuye en posiciones alternas a lo largo del tallo. Cada hoja está formada por la lámina foliar y por la vaina y la yagua. La unión entre estas dos partes se conoce con el nombre de lígula, en cuyo extremo existe una aurícula con pubescencia variable.

### *Lámina foliar*

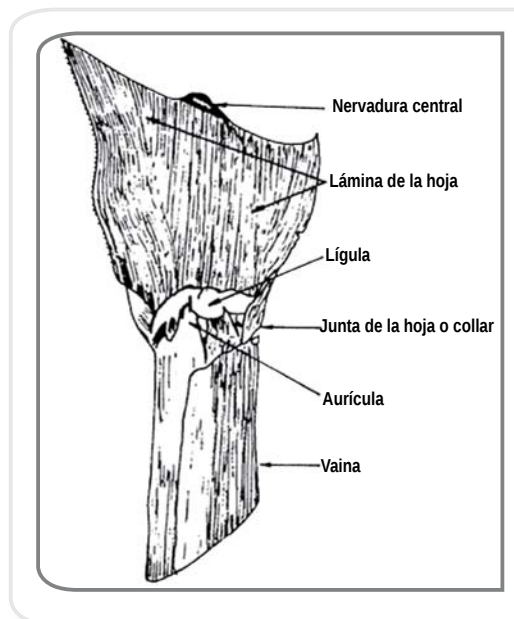
Es la parte más importante para el proceso de fotosíntesis, su disposición en la planta difiere con las variedades. La lámina foliar es recorrida en toda su longitud por la nervadura central y los bordes presentan protuberancias en forma aserrada.

**A mayor brillo solar  
corresponde una mayor  
actividad fotosintética  
y por consiguiente  
un aumento de la  
producción de caña y  
panela.**

El color de las hojas, dependiendo de la variedad, puede variar desde verde claro a verde más oscuro. La longitud y el ancho también dependen de la variedad.



**Figura 7.** Componentes morfológicos que identifican el nudo y el entrenudo del tallo



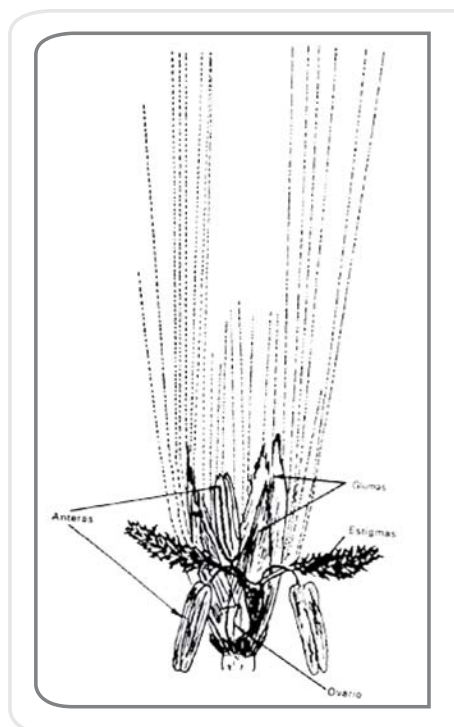
**Figura 8.** Partes de la hoja de la caña

## Yagua o vaina

Es de forma tubular, envuelve el tallo y es más ancha en la base. Puede tener presencia o ausencia de pelos urticantes en cantidad y longitud que cambian con las variedades.

## La flor

Es una inflorescencia en panícula sedosa en forma de espiga. Las espiguillas dispuestas a lo largo de un raquis contienen una flor hermafrodita con tres anteras y un ovario con dos estigmas. Cada flor está rodeada de pubescencias largas que le dan a la inflorescencia un aspecto sedoso (figura 9). La floración ocurre cuando las condiciones ambientales de fotoperíodo, temperatura y disponibilidad de agua y niveles de nutrientes en el suelo son favorables.



**Figura 9.** Flor de la caña de azúcar



**Figura 10.** Flor de la caña (panorámica)

El ciclo vegetativo de la caña, dependiendo de la variedad y el clima, pasa por las siguientes etapas: a los 30 días de la siembra, en promedio, se presenta la germinación, quince días después se incrementa el número de brotes o tallos por cepa, lo que se conoce como macollamiento. La floración ocurre a partir de los 6 meses y la maduración de la caña (concentración de sólidos solubles) ocurre entre 10 y 13 meses y su medición se expresa en grados brix.

La temperatura es un factor importante tanto para el desarrollo de la caña como para la elaboración y acumulación de la sacarosa.

## **Eco—fisiología de la caña**

El concepto de ecología se define como el estudio de las relaciones recíprocas entre los organismos y su medio ambiente. Los factores ecológicos que constituyen el ambiente en el cual se desarrolla una planta son: el climático, el biótico y el edáfico. Conocer estos aspectos permite tener un mejor análisis del comportamiento del cultivo y entender los momentos en que se deben hacer Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo, para aprovechar todo el potencial productivo y disminuir impactos negativos sobre el productor, el medio ambiente y la producción.

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas que contienen clorofila por acción de la luz solar, sintetizan compuestos orgánicos a partir del agua y el anhídrido carbónico,  $\text{CO}_2$ . En la fotosíntesis de la caña ocurre primero una formación de azúcares simples llamados glucosa y fructuosa, o también azúcares invertidos; por el hecho de concentrar azúcares, esta especie vegetal es altamente exigente de luz solar.

El cultivo de la caña panelera se desarrolla principalmente en la región Andina, sobre las laderas de las tres cordilleras que atraviesan el país, en la franja altimétrica comprendida entre 700 y 2.000 m.s.n.m. Las condiciones fisiográficas en que se desenvuelve el cultivo de esta especie son muy variables dependiendo de la región; sin embargo, las que más predominan son las áreas de pendientes medias a altas con inclinaciones que oscilan entre el 10 y el 40% (región de la hoya del río Suárez, Cundinamarca, Nariño, Antioquia, Eje Cafetero y Norte de Santander). El predominio del relieve de alta pendiente y altas precipitaciones hace que sean suelos de riesgo de erosión; la caña, por sus características de planta y del sistema de cultivo, la convierte en una especie protectora.

### **Factores que afectan la fotosíntesis de una planta**

#### **La luz**

La luminosidad es un factor de gran importancia en la formación y porcentaje de acumulación de almidón en las hojas; este proceso se afecta con la nubosidad que reduce considerablemente la luminosidad. A mayor brillo solar corresponde una mayor actividad fotosintética y, por consiguiente, un aumento de la producción de caña y panela (Gómez, 1959).

Se ha encontrado que aun mejorando las condiciones fisicoquímicas de los suelos, no es posible incrementar los rendimientos en zonas donde predomina la alta nubosidad (Humbert, s.f.). Los rendimientos de azúcar pueden reducirse entre 25 y 35%, cuando se cultiva caña en zonas de alta nubosidad y bajo brillo solar.

#### **Temperatura**

Es un factor importante tanto para el desarrollo de la caña como para la elaboración y acumulación de la sacarosa. Existe una relación directa entre la elongación del tallo y la temperatura media mínima mensual; a medida que ésta se incrementa, la elongación es mayor. La caña se desarrolla con excelentes resultados en zonas donde la temperatura media fluctúa entre 25° y 27° C, la más adecuada para una mayor producción, pero se pueden aceptar, como rango permisible, temperaturas de 20 a 30° C.

En zonas con temperaturas inferiores a 19° C el crecimiento se retarda, los entrenudos son más cortos y el período vegetativo se incrementa, lo que reduce considerablemente el tonelaje de panela por hectárea.

### *Oscilación de temperatura*

Se denomina oscilación de temperatura la diferencia que hay entre el día y la noche. Cuando la temperatura es uniforme o sufre poco cambio, las plantas no cesan de crecer y en cualquier momento habrá un alto contenido de azúcares reductores.

Las fluctuaciones de temperatura mayores a 8° C son importantes porque ayudan a formar y retener sacarosa; estas variaciones permiten una alta productividad en el cultivo (Ramos, 1993).

El corte de la caña es recomendable hacerlo preferiblemente cuando ocurran las fluctuaciones más altas de temperaturas, pues en esta época es cuando la planta tiene mayor cantidad de azúcares acumulados.

La temperatura ideal del suelo para el desarrollo normal de las raíces y la toma de nutrientes oscila entre 29 y 32° C; temperaturas superiores a estos valores pueden causar daño por quema y las inferiores a 15° C inhiben la germinación.

### **Precipitación**

En la caña de azúcar el agua es fundamental para la formación de los glúcidos, la disolución y el transporte de los metabolitos y la turgencia de los tejidos. Durante el período de crecimiento, germinación y macollamiento las plántulas necesitan una buena disponibilidad de agua.

La caña necesita de 8 a 9 mm de agua/ha/día durante la época de verano, y entre 3 y 4 mm por día en la época de invierno (Ramos, 1993).

Se ha considerado que una precipitación de 1.500 a 1.750 mm/año es suficiente para suplir las necesidades del cultivo en suelos de textura franco limosa o franco arcillosa.

### **Vientos**

En zonas donde hay influencia de fuertes vendavales, éstos arrancan las plantaciones. Cuando los vientos son calientes y secos aumentan la transpiración de las plantas y resecan el suelo; tal situación lleva a que la planta consuma más agua.

### **Suelos**

La caña para panela se puede cultivar en una amplia gama de formaciones geomorfológicas de suelos, clases de texturas, pH, propiedades físicas y químicas.

Textura (subordinado de suelos)

Es la proporción porcentual de los agregados arcilla, arena y limo para formar las clases de texturas. Los suelos franco y franco arcillosos son las texturas más

**Se considera que una precipitación de 1.500 a 1.750 mm/año es suficiente para suplir las necesidades del cultivo en suelos de textura franco limosa o franco arcillosa.**

adecuadas para el cultivo de la caña. En condiciones de buenos drenajes, generan excelentes rendimientos físicos y buena calidad de panela.

### Estructura

Es la forma como se unen las partículas para formar terrones. Un suelo con buena estructura facilita el desarrollo del cultivo, pues el agua y el aire penetran muy bien, la lluvia y el viento no lo arrastran fácilmente y las raíces de las plantas se desarrollan en buenas condiciones. Una mala estructura del suelo, cuando está húmedo, forma una gran masa que anula la aireación de las raíces y dificulta el laboreo.

### El pH de los suelos en relación con el cultivo de la caña

La caña para panela puede cultivarse relativamente bien dentro de los límites de pH que van de 5,5 a 7,5. Sus raíces crecen con normalidad en un rango de pH de 6,1 a 7,7, y los suelos ácidos son más dañinos que los suelos alcalinos (Khanna, 1983).

En regiones donde se cultiva caña, como Antioquia y Santander, es frecuente encontrar suelos extremadamente ácidos o fuertemente ácidos (pH 4,1 a 5,5); una BPA es hacer un correctivo de pH acorde con el resultado de un análisis de suelos.

Las variedades producidas en el Valle del Cauca (Cenicaña Colombia) se adaptan bien en suelos con pH 5,6 – 6,5 (ligera y moderadamente ácidos).

En la tabla 5 se muestran las condiciones de suelo para el cultivo de la caña, entre ellas las óptimas, según su fertilidad, y de acuerdo con el programa suelos ICA y programa caña panelera.

**Tabla 5.** Clasificación de suelos cultivados en caña para panela

| Concepto                       | Excelente        | Bueno         | Regular     | Inadecuado  |
|--------------------------------|------------------|---------------|-------------|-------------|
| pH                             | 6,5 – 7,2        | 5,5 -6,5      | 4,5 – 5,5   | >7,2 - <4,5 |
| Porcentaje de materia orgánica | Alto<br>5% o más | Medio<br>3-5% | Bajo<br><3% | ----        |
| Fósforo (P) ppm<br>Bray II     | >20              | 10 -20        | <10         | ----        |
| Potasio (K) mq/100 g           | >0,6             | 0,3 – 0,6     | <0,3        | ----        |
| Calcio (Ca)                    | >3,0             | 1,5 – 3,0     | <1 – 5      | ----        |
| Magnesio Meq/100 g             | >1,5             | 0,5 – 1,5     | <0,5        | ----        |

Fuente: Manrique, 1992.

## **Aspectos agronómicos del cultivo de la caña panelera**

El cultivo de una variedad determinada en condiciones óptimas de adaptación no es suficiente para obtener altos rendimientos, también es necesario aplicar las BPA del cultivo como: adecuación y preparación del terreno, sistemas de siembra, fertilización, control de arvenses, manejo de plagas y enfermedades, riego, maduración y cosecha.

### **Labores de adecuación y preparación del suelo**

La adecuación del suelo comprende principalmente labores de planificación de los lotes de caña, definición de sus dimensiones y construcción de acequias y caminos para movilizar la caña cortada. Su importancia radica en la contribución al incremento de la productividad y conservación del suelo, mediante el mejoramiento del sistema de producción del cultivo.

#### **Eliminación del rastrojo**

Consiste en cortar los arbustos y materiales vegetales presentes en el lote, que después se recogen en pilas. Como en la mayoría de los casos, el resultado es un material abundante y altamente leñoso; una BPA es escoger el que sirva de leña para el horno y compostar la cantidad restante.

Una BPA para plantar la caña es roturar únicamente el surco donde se va a sembrar (labranza mínima), como se recomienda en zonas de ladera.

#### **Preparación manual con azadón**

Este método se emplea cuando se van a renovar socas viejas y no es posible el uso de maquinaria. Consiste en arrancar las socas viejas con pica y luego roturar el sitio donde se va a colocar la semilla. Cuando se trata de lotes que provienen de otros cultivos, la labor se reduce a abrir la zanja y el hoyo donde se deposita la semilla.



**Figura 11.** Preparación de suelos

## **Surcado**

El surco de siembra requiere una profundidad de 20 a 30 cm y su ancho de 30 cm. Esta BPA favorece el buen desarrollo del sistema radicular, porque le da a la planta mejor anclaje y exploración de nutrientes; esta labor se realiza manualmente con pica y azadón.

El trazado de los surcos se debe hacer en curvas a nivel, utilizando el agronivel; con esta BPA se evita la erosión y se conserva la fertilidad del suelo al disminuir la pérdida de nutrientes por lavado.

## **Selección de semillas y semilleros**

La caña es una planta altamente heterocigótica, que en condiciones normales no produce semilla verdadera, razón por la cual hay que propagarla mediante trozos de tallo o estacas, desde una yema hasta el tallo entero (figura 12), dichas estacas reciben el nombre de semilla.

Una BPA es una adecuada selección de semillas. Al momento de seleccionarlás debe tenerse en cuenta que reúnan las siguientes características:

- Libre de plagas y enfermedades
- Estado nutricional adecuado
- Edad de corte entre 8 a 10 meses y de 50 cm, que contengan entre dos a tres yemas por estaca.
- Semilla libre de mezcla con otras variedades
- Yemas funcionales



**Figura 12.** Semilla de tallo

La calidad de la semilla cumple un papel trascendental en el desarrollo de una plantación y en su producción final. Un cultivo que va a ser aprovechado durante varios cortes requiere, desde el inicio, la aplicación de unas BPA que empiezan con la preparación del suelo, no mezclar variedades y utilizar semilla de óptima calidad que cumpla con las características de sanidad y calidad antes mencionadas.

Para obtener semilla de buena calidad se deben establecer semilleros en lotes dedicados exclusivamente a este fin y que reciban un manejo tal que permita garantizar la calidad del material obtenido. Una BPA en semilleros recomienda como máximo tres cortes de semilla para evitar problemas de propagación de insectos plaga y enfermedades.

El establecimiento de todo semillero debe responder a las necesidades de la plantación en cuanto al área que se va a renovar anualmente y la época de siembra; una hectárea de semillero proporciona semilla para una plantación de 10 hectáreas.

La época de siembra del cultivo comercial determina la época de establecimiento del semillero para poder obtener la semilla en el momento oportuno y asegurar su alta producción y calidad. Los lotes asignados para los semilleros se deben escoger entre los mejores de la finca en cuanto a condiciones físicas y químicas del suelo, drenaje, disponibilidad de agua y ubicación con respecto a las áreas de renovación.

El semillero se debe montar de 8 a 10 meses antes de establecer el cultivo comercial, y dos meses antes del trasplante se deben empezar las actividades de adecuación de terreno para el establecimiento de la plantación.

Para la obtención de la semilla se utiliza todo el tallo, una vez eliminada la raíz y el cogollo; una BPA es desinfectar el machete (con soluciones de yodo, cloro o amonio cuaternario) después de cada corte.

Muchos agricultores utilizan el cogollo como semilla (figura 13), aunque, no es lo ideal. En éste se concentra la mayor cantidad de azúcares reductores (glucosa y frutuososa), fibra, proteína y agua que no son los más indicados para producción de panela si, en cambio, para la alimentación animal.



**Figura 13.** Semilla de cogollo

Suelos con buena estructura facilitan el desarrollo de la caña, pues el agua y el aire penetran muy bien y las raíces alcanzan un buen desarrollo.

## Tipos de semilleros

### *Básico*

Se forma con semilla adquirida en la Estación Experimental San Antonio, de Cenicaña en el Valle del Cauca y en la Estación Experimental San José del Nus, de Corpoica en Antioquia. Son semillas seleccionadas de lotes comerciales con garantía de pureza de la variedad, que han tenido un buen manejo agronómico, no tienen más de un corte, con una edad entre 8 y 10 meses y con un estado sanitario ajustado a grados de permisibilidad según la enfermedad, como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6.** Grados de permisibilidad de la semilla a enfermedades

| Enfermedad     | Incidencia máxima permisible |
|----------------|------------------------------|
| Carbón         | 0%                           |
| Mosaico        | 5%                           |
| Raquitismo     | 2%                           |
| Roya           | Grado 5                      |
| Raya clorótica | 2%                           |

La semilla debe someterse a tratamiento térmico a 52° C durante una hora, para prevenir el desarrollo de las enfermedades “raquitismo de la soca” y “raya clorótica”; una BPA es que la semilla tenga el proceso anterior (figura 14).



**Figura 14.** Equipo para tratamiento térmico de semilla

### *Semillero semicomercial*

Este semillero se siembra con material proveniente del semillero básico (figura 15), ya para la venta o comercialización de semilla; también se puede obtener de la semilla de otro semillero semicomercial; la semilla debe tratarse térmicamente también.

*Semillero comercial*

Se siembra con semilla obtenida de la plantilla o primera soca de un semillero semicomercial.

Tanto la siembra como el corte de semilla deben hacerse en forma escalonada, para lo cual debe contarse con una buena programación desde la siembra del semillero.



**Figura 15.** Semillero

## Siembra de la caña

El sistema de siembra de la caña panelera depende del grado de tecnología que se utilice; sin embargo, esa tecnología suele estar limitada por la topografía del terreno. Para cultivos mecanizados, la distancia de siembra se ha establecido en 1,50 m. En zonas de ladera, se emplean los sistemas *mateado* y *a chorrillo*. En zonas planas o ligeramente onduladas, a chorrillo.

El sistema de siembra de caña panelera está limitado por la topografía del terreno. Investigaciones realizadas por el ICA y Corpoica sobre métodos de siembra, con preparación manual utilizando el azadón y la pica, señalan que, entre el sistema a *chorrillo* y *el mateado*, el primero presentó los mejores resultados en producción de caña, con distancias de 1,40 a 1,50 m entre surcos. El *mateado*, con distancias entre 1 y 1,30 m entre surcos, y de 25 a 50 cm entre plantas, con uno y dos esquejes por sitio, respectivamente, y en suelos con buena estructura, permite obtener rendimientos muy similares a los del sistema a chorrillo. Sin embargo, la falta de agua en la época de siembra, la desigualdad en el crecimiento de los tallos (primarios, secundarios y terciarios) y el mayor riesgo de vuelco hacen que el sistema de *mateado* sea menos eficaz que el *chorrillo* (tabla 7) (Corpoica- Sena, 1998).

Las raíces de la caña  
presentan mejor  
desarrollo con pH de  
6.1 a 7.7.

Una BPA es sembrar los cangres o semillas de manera que las yemas queden laterales, para así facilitar una mejor y rápida germinación de las yemas que nos va a generar la nueva planta. Por lo general, la siembra debe realizarse al inicio de las lluvias, lo que permitirá un mejor establecimiento del cultivo.

**Tabla 7.** Producción de caña (t/ha) de acuerdo con el método y las distancias de siembra

| Método de siembra | Distancia surcos – plantas (m) | Densidad de siembra  | Caña* (t/ha) |
|-------------------|--------------------------------|----------------------|--------------|
| Chorrillo         | 0,80 - 1,20                    | 8 yemas/m            | 89-09        |
| Mateado           | 1,0 – 1,30 × 0,25 – 0,50       | 1 o 2 esquejes/sitio | 70-93        |

\* Promedio de 3 replicaciones y dos cortes en tres localidades de Boyacá y Santander  
Fuente: Manrique E. et al. (2000: 154).

### Sistema de siembra a chorrillo

En el sistema de siembra a chorrillo la semilla se pone acostada en el fondo del surco y, de acuerdo con su calidad, se sembrará empleando el sistema de chorrillo sencillo, medio o doble. Una BPA es la siembra a chorrillo en terrenos con pendientes onduladas y planas o pendientes menores del 30%. Se realiza en surcos a través de la pendiente o en las curvas de nivel (figura 16).

#### *Chorrillo sencillo con traslape*

Esta BPA garantiza una buena densidad de plantas. Se utiliza cuando la semilla es de buena calidad, y da una densidad de 7 a 10 yemas por metro lineal. Dependiendo de la calidad y disponibilidad de la semilla, se siembran a distancia entre uno y dos centímetros por estacas, o con traslapes de uno a dos centímetros (figura 17).



**Figura 16.** Siembra a chorrillo sencillo con traslape



**Figura 17.** Siembra chorrillo sencillo con traslape

El chorrillo doble se utiliza cuando la semilla no proviene de semilleros o es de mala calidad. En este caso, corresponde una densidad de 10 a 12 yemas por metro lineal, y se ponen dos estacas paralelas en el mismo sitio. Pero ante todo, y de acuerdo con las BPA, se debe utilizar semilla de buena calidad. La semilla debe quedar cubierta con una capa de suelo de 2 a 5 cm; con esta BPA no se afecta la germinación.

### Sistema de siembra por mateado

Este sistema es recomendado en pendientes mayores a 30%; en el mateado se utilizan semillas de 2 o 3 yemas por sitio. Recuerde que una BPA es hacer la siembra en surcos con curvas a nivel (Corpoica – SENA, 1998).

En mateado, se siembra con distancias entre 1 y 1,40 m entre surcos y con distancias entre plantas de 25 a 50 cm, con uno y dos esquejes por sitio respectivamente (figura 18), en suelos con buena estructura; este sistema permite obtener rendimientos muy similares a los de sistemas a chorrillo.



**Figura 18.** Siembra por mateado

### Resiembra regenerativa

La resiembra regenerativa consiste en rehabilitar calvas o espacios perdidos de terreno donde, por múltiples factores, las cepas y los retoños han desaparecido por muerte o deterioro, lo cual ha traído como consecuencia un decrecimiento en la producción y en la rentabilidad del cultivo. Esta práctica se debe realizar corte tras corte, con el propósito de mantener entre 110 y 125 mil tallos por hectárea.

## **¿Cómo hacer viable y rentable la resiembra?**

La resiembra es viable y renetable mediante la propuesta de una estrategia o método que sea factible, técnica y económicamente, que se ajuste a las condiciones de explotación comercial, garantizando la viabilidad en la germinación o prendimiento de los retoños y que éstos, a su vez, sean competitivos por luz y nutrientes con las plántulas emergidas de las cepas vivas en campo.

### *Criterios para una resiembra viable y rentable*

- Que el material de propagación garantice vigor, sanidad y pureza varietal.
- Que el prendimiento del material de propagación en el campo, sea viable y eficiente.
- Que la manipulación y el transporte del material de propagación al sitio definitivo de la siembra, sean económicos y fáciles para que no sufra daños.

## **Métodos de resiembra regenerativa**

¡De un buen material de propagación depende el éxito de un cultivo!

### *Deshije de retoños o plántulas de cepas ya emergidas*

Consiste en desprender los retoños emergidos de una cepa vigorosa con la ayuda de un barretón y luego transplantarlos directamente a los sitios de las calvas. Los retoños que logran prender se desarrollan en forma paralela al resto de las plantas del lote. El prendimiento de éstos es del 80% y sus costos son bajos por mano de obra y manipulación del material que se va a propagar. Su desventaja es que ocasiona daños y lesiones en las cepas madres y facilita el ataque de plagas y enfermedades por las heridas provocadas en el desprendimiento de los hijuelos o retoños.

### *Cangres sembrados directamente en los sitios de calvas (espacios entre plantas)*

Este método se puede realizar mediante la utilización de dos tipos de materiales de propagación:

El tradicional, se hace mediante el empleo de “cogollo”, el cual, a pesar de su germinación, no garantiza el vigor ni la pureza de la variedad cuando se utilizan variedades viejas y mezcladas. Esta alternativa no permite planear una resiembra adecuada y oportuna.

El uso de “cangres de semilleros”, a diferencia del anterior, está libre de plagas y enfermedades; tiene un estado nutricional adecuado, pureza de la variedad y permite una mejor planeación de la resiembra.

Cualquiera que sea el tipo de propagación, este método se debe realizar por lo menos uno o dos meses antes del corte del cultivo, elaborando para ello cajuelas en los sitios de calvas (sitios libres entre planta y planta) para ubicar la semilla. Presenta limitaciones en cuanto al prendimiento de la semilla, ya que las plántulas emergidas son fácilmente inhibidas por el crecimiento acelerado de los retoños de la soca del cultivo madre. Otra desventaja es que no garantiza la producción del material para el ciclo del cultivo para el cual se realizó, sino para el siguiente periodo. Este método no garantiza eficiencia en el campo.

## Plántulas pregerminadas en bolsas de polietileno

Si bien reporta buenos resultados de prendimiento en el sitio definitivo mayores al 75%, implica altos costos por utilización de materiales, mano de obra y transporte a los sitios de resiembra. Una desventaja es que requiere movilizar altos volúmenes de tierra o sustrato al sitio definitivo. Es recomendable desde el punto de vista agronómico, pero cuando la siembra sobrepasa de 500 plántulas por hectárea, se hace muy costoso, ya que el llenado de bolsas se complica si no hay suficiente mano de obra en la región.

## Yemas pregerminadas para resiembra directa

Consiste en pregerminar yemas en terrazas o germinadores utilizando un sustrato en relación 3:1:0,5 de arena, tierra y materia orgánica, respectivamente. Cuando las plántulas alcanzan el vigor deseado se llevan al sitio definitivo donde se realiza un ahoyado con barretón y se siembra teniendo el cuidado de no dañar las raíces. Se planea dos meses antes de la realización del corte y no requiere movilizar el sustrato.

En condiciones adecuadas de humedad de campo, reporta prendimientos superiores al 97%. En comparación con los métodos anteriores ofrece ventajas como:

- Disminución hasta del 60% de los costos de manejo y transporte del material de resiembra.
- Facilidad operativa en el transporte de las plántulas al lote de resiembra.
- Reutilización de los viveros o germinadores.
- Mejor planeación y oportunidad en la época de resiembra.
- Selección de plántulas con buen vigor y estado sanitario.
- Uniformidad del material de resiembra.
- Garantía en la pureza de la variedad.
- Fácil implementación y bajos costos.

Este método es, técnica y económicamente, el más accesible y recomendable para ser aplicado. Con una resiembra adecuada y oportuna se regenera, en un mediano plazo, la capacidad productiva de su cultivo comercial y se hace, de esta práctica, una actividad rentable.

## Renovación de cultivos de caña con variedades mejoradas

Esta labor se recomienda cuando las cepas están muy viejas, 8 y 10 años con buen manejo, y los rendimientos en caña y panela son muy bajos (menores de 60 t/ha en caña). La renovación debe hacerse mediante siembras escalonadas en lotes

**Es frecuente encontrar suelos extremadamente ácidos o fuertemente ácidos (pH 4,1 a 5,5); una BPA es hacer un correctivo de pH acorde con el resultado de un análisis de suelos.**

pequeños de la finca, de acuerdo al área y los recursos disponibles; se puede planear la renovación de toda la finca en varios años, de manera que no se afecte la productividad, por lo que se recomienda una renovación del 10 al 20% anual.

## **Variedades**

El mejoramiento genético en caña panelera está orientado a la caracterización y adaptación de variedades de alto rendimiento y agroindustrialmente deseables, que se adapten a las condiciones de manejo de las áreas paneleras.

Conocer las variedades, sus características productivas y de adaptabilidad facilita comprender el sistema productivo, ayuda a la toma de decisiones y orienta el manejo del cultivo. Una BPA no sólo es conocer las variedades sino saber la que se tiene en su cultivo, las posibles que se pueden tener según condiciones de la finca, comprender el porqué de sus características productivas y cómo apoyar la sostenibilidad ambiental. A continuación, se mirarán las diferentes variedades de caña de azúcar.

Las variedades de caña actualmente cultivadas en Colombia provienen en gran parte de hibridaciones introducidas de otros países y de algunas producidas en el país. Las introducciones más importantes provienen de JAVA (POJ), Barbados (B), Hawai (H), Puerto Rico (PR), India (CO, coimbatore), Estados Unidos (CP), Venezuela (V), Brasil (S.P., C.B) y República Dominicana (RD).

### **Variedades producidas en Colombia**

- a. EPC: Las obtenidas en la Estación Experimental Palmira.
- b. ICA: Las generadas por el Instituto Colombiano Agropecuario, hasta 1975.
- c. C.C.: Las producidas a partir del año 1981 por CENICAÑA, que en la actualidad es la entidad que produce el mayor número de variedades de esta especie, con destino al sector azucarero.
- d. Algunas producidas por ingenios particulares como Mayagüez, Colombia (MZC) y Manuelita, Colombia (MC).

Las primeras variedades cultivadas fueron las criollas, luego las POJ, destacándose las POJ 28-78 y POJ 27-14; posteriormente, las CP57-603, como las más sobresalientes (Corpoica – Sena, 1998).

Las variedades extranjeras PR 61-632, V 71-51 y las variedades Cenicaña Colombia (CC) han surgido en el sector azucarero colombiano, ya que combinan la resistencia al carbón, la roya y el mosaico, con una alta producción de caña y azúcar. Además, por la buena adaptación de algunas de estas variedades a suelos salinos, se están utilizando para remplazar la variedad CO 421.

## Variedades del futuro

Se consideran prometedoras porque aportan a las BPA en rendimiento por ser precoces (menor período vegetativo), con mayor concentración de azúcares y producción de caña, adaptabilidad y resistencia a insectos plagas y enfermedades, como la CC 84-75, CC 86-45, CC 85-47, CC 85-92, CC 85-23 y la CC 85-57.

La variedad tiene un papel primordial en la capacidad productiva del cultivo, por la diversidad de condiciones de clima, suelo y manejo en cada región. Se deben seleccionar las variedades por unidad o nicho agroecológico; en estas condiciones es donde expresan su mejor potencial productivo. Como resultado de las investigaciones hechas por Corpoica – CIMPA (Centro de Investigación para el Mejoramiento de la Panela) sobre el manejo actual del cultivo, se tienen caracterizadas las variedades de caña para producción de panela, por unidad agroecológica (tabla 8).

**Tabla 8.** Variedades para producción de panela y miel para las diferentes regiones agroecológicas

| Variedad          | Producción potencial de panela, t/ha |      | Región geográfica y unidad agroecológica                               |
|-------------------|--------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------|
|                   | Min.                                 | Max. |                                                                        |
| <b>RD 75-11</b>   | 20,3                                 | 24,1 | Hoya del río Suárez Chicamocha (Me – Mf ) – Corte por parejo           |
| <b>PR 61-632</b>  | 14,2                                 | 17,5 |                                                                        |
| <b>POJ 28-78</b>  | 11,5                                 | 15,4 |                                                                        |
| <b>MY 54-65</b>   | 17,3                                 | 19,7 | Cundinamarca y Norte de Santander (Mf – Mg) – Corte por entesaque      |
| <b>RD 75-11</b>   | 18,5                                 | 20,6 |                                                                        |
| <b>POJ 28-78</b>  | 9,8                                  | 13,7 |                                                                        |
| <b>RD 75-11</b>   | 19,8                                 | 23,7 | Antioquia (Me – Mf – Mg) – Corte por parejo                            |
| <b>PR 11-41</b>   | 19,4                                 | 22,5 |                                                                        |
| <b>SP 701284</b>  | 20,2                                 | 23,3 |                                                                        |
| <b>MY 54-65</b>   | 18,4                                 | 20,4 | Llanos Orientales y Cimitarra (Santander) (Cg – Cj) – Corte por parejo |
| <b>MZC 74-275</b> | 19,4                                 | 22,6 |                                                                        |
| <b>PR 62-66</b>   | 21,2                                 | 23,7 |                                                                        |
| <b>RD 75-11</b>   | 20,1                                 | 24,3 |                                                                        |

Fuente: Manrique e Isuasty (2000).

Es posible obtener mayores beneficios económicos buscando variedades con adaptación particular de acuerdo con las unidades agroecológicas y el conocimiento de su manejo agronómico. Éste es un elemento fundamental para reducir los costos de producción y contribuir con la competitividad de la industria azucarera y panelera.

En Colombia, el mejoramiento de la caña de azúcar es reciente. En la década de los treinta, la investigación se concentró en ensayos agronómicos con variedades importadas.

Inicialmente Cenicaña seleccionó variedades dentro de la colección de materiales extranjeros (germoplasma) y de forma simultánea empezó la selección de las variedades que hoy conocemos con la sigla CC (Cenicaña Colombia). En la actualidad, la agroindustria azucarera y panelera colombiana dispone de variedades que en conjunto superan la producción y la rentabilidad de las variedades predecesoras.

Luego de un proceso de mejoramiento y selección de variedades, los cañicultores disponen de la variedad CC 85-92, líder en producción de azúcar por hectárea. En zonas paneleras ya se comenzaron las evaluaciones con esta variedad (Cenicaña, 1992).

## Características deseables en variedades de caña de azúcar para panela

Las características agronómicas e industriales más importantes que deben reunir las variedades de caña para panela se pueden clasificar en: características básicas y características secundarias o complementarias.

Conocer estas características permitirá una buena evaluación del proceso productivo y la adaptabilidad de la variedad a las condiciones locales de producción como BPA.

### Características básicas

Son aquellos caracteres distintivos o notables que se consideran fundamentales:

- Altos tonelajes de caña por unidad de superficie (t/ha).
- Resistencia a plagas y enfermedades de importancia económica (% de infestación e infección).
- Amplio rango de adaptación a diferentes agroecosistemas (altura sobre nivel del mar, temperatura, precipitación, suelos, 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).

### Características secundarias o complementarias

Son aquellos caracteres que, sin ser relevantes, se consideran complementarios:

- 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).

**El mejoramiento genético en caña panelera está orientado a la caracterización y adaptación de variedades de alto rendimiento y agroindustrialmente deseables.**

**Tabla 9.** Principales características de las variedades de caña de mayor potencial agroecológico

| <b>Variedad</b>               | <b>POJ 2878</b> | <b>PR 61-632</b> | <b>PR 11-41</b> | <b>RD 75-11</b> | <b>CC 84-75</b> |
|-------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Deshoje natural               | Parcial         | Regular          | Parcial         | Difícil         | Bueno           |
| Volcamiento de tallos         | Resistente      | Resistente       | Sí (60%)        | Sí (55%)        | Sí (20%)        |
| Floración                     | Baja – nula     | Escasa -nula     | No presenta     | Sí (13%)        | No presenta     |
| Rajadura de corteza           | No presenta     | Frecuente        | No presenta     | Sí (5%)         | Sí (2%)         |
| Presencia de lalas            | No presenta     | No presenta      | No presenta     | Algunas         | No presenta     |
| Contenido de pelusa           | Abundante       | No presenta      | No presenta     | Ausente – poca  | Poca – rala     |
| Altura promedia planta, m     | 2,62            | 2,69             | 3,18            | 3,77            | 3,30            |
| Altura promedia corte, m      | 2,14            | 2,21             | 2,66            | 3,12            | 2,94            |
| Diámetro de tallo, cm         | 2,30            | 2,90             | 2,90            | 2,93            | 3,10            |
| Longitud entrenudos, cm       | 9,70            | 9,10             | 10,5            | 10,02           | 7,30            |
| Índice de crecimiento, cm/mes | 13,1            | 13,45            | 15,9            | 18,33           | 17,9            |
| Entrenudos/mes, #             | 1,4             | 1,45             | 1,5             | 2,0             | 2,40            |
| Tallos molibles, #            | 79,167          | 108,333          | 79,167          | 118,120         | 161,332         |
| Producción de caña, t/ha      | 88,4            | 145,7            | 100,2           | 193,5           | 229,8           |
| Peso tallo molible, kg        | 1,12            | 1,34             | 1,27            | 1,64            | -               |
| Producción de semilla, t/ha   | 10,78           | 18,21            | 11,52           | 25,50           | 31,10           |
| Producción cogollo, t/ha      | 14,59           | 26,95            | 14,73           | 51,03           | 37,92           |
| Producción de biomasa, t/ha   | 113,77          | 190,86           | 126,45          | 270,03          | -               |
| Producción de panela, t/ha    | 8,9             | 16,46            | 11,42           | 24,19           | 28,4            |
| Producción de cachaza, t/ha   | 2,24            | 5,10             | 4,01            | 7,50            | 9,20            |
| Bagazo verde, t/ha            | 44,7            | 55,1             | 43,01           | 77,4            | 101,1           |
| Brix jugo, °B                 | 19,8            | 20,3             | 21              | 21,4            | 22,4            |
| pp. Jugo                      | 5,38            | 5,38             | 5,45            | 5,46            | 5,26            |
| Azúcares reductores, %        | 1,1             | 1,3              | 0,9             | 1,1             | 0,51            |
| Pol (sacarosa), %             | 18,3            | 18,9             | 19,9            | 20,1            | 20,8            |
| Pureza, %                     | 92,4            | 93,1             | 94,7            | 93,9            | 92,9            |
| Fósforo, ppm                  | 209             | 243              | 380             | 84              | 155             |

Fuente: García B.H. (2006)

Es importante destacar que no existen diferencias marcadas entre variedades de caña para panela o azúcar; sólo hay diferencias en tecnologías de producción y la función objetivo del sistema. Sin embargo, vale la pena resaltar que algunas características agronómicas o industriales exigidas por la industria azucarera no son estrictamente aplicables a la producción panelera (Corpoica – Sena, 1998).

Conocer el momento de maduración o punto óptimo de corte es una BPA que depende de la variedad, los factores agroecológicos y la tecnología aplicada; se consideran precoces variedades que alcanzan maduración en 13 meses (RD), medianamente precoces entre 14 y 17 meses (PR) y tardías son después de los 18 meses (POJ).

## Descripción de las variedades para producción de panela

### Variedad POJ 28-78

Este material fue obtenido en la Isla de Java e introducido a Colombia en 1929. Tiene tallos largos, diámetro mediano a grueso, color amarillo verdoso y entrenudos de longitud media y cubiertos con cerosina; su hábito de crecimiento es semierecto y sus hojas abiertas (figura 19). Contiene bastante pelusa, se deshoja fácilmente y se adapta bien a diferentes agroecosistemas. La maduración es tardía, la floración es escasa y genera jugos de buena calidad; con un equipo que cumpla con una BPM de mantenimiento y calibración adecuados se puede lograr un 55 a 60% de extracción (Corpoica – Sena, 1998).



**Figura 19.** Variedad POJ 28-78

En condiciones óptimas de maduración, puede ser utilizada en la fabricación de panela instantánea, granulada, pastilla, panelín y redonda. Los jugos son de fácil clarificación, y por su buena producción de biomasa se convierte en una alternativa viable para la producción de caña como forraje para alimentación animal. Es resistente al pisoteo.

### Variedad PR 61-632

Originaria de Puerto Rico, esta variedad tiene tallos erectos, porte alto y color morado, con entrenudos largos, gruesos y cubiertos de cerosina. Sus hojas tienen puntas erectas y son de color verde natural que se torna amarillento a medida que envejecen (figura 20). Presenta buena germinación, crecimiento lento en sus primeros estados de desarrollo y floración temprana en algunas zonas.

Conocer las variedades  
y las características  
productivas y de  
adaptabilidad facilita  
el manejo del cultivo.



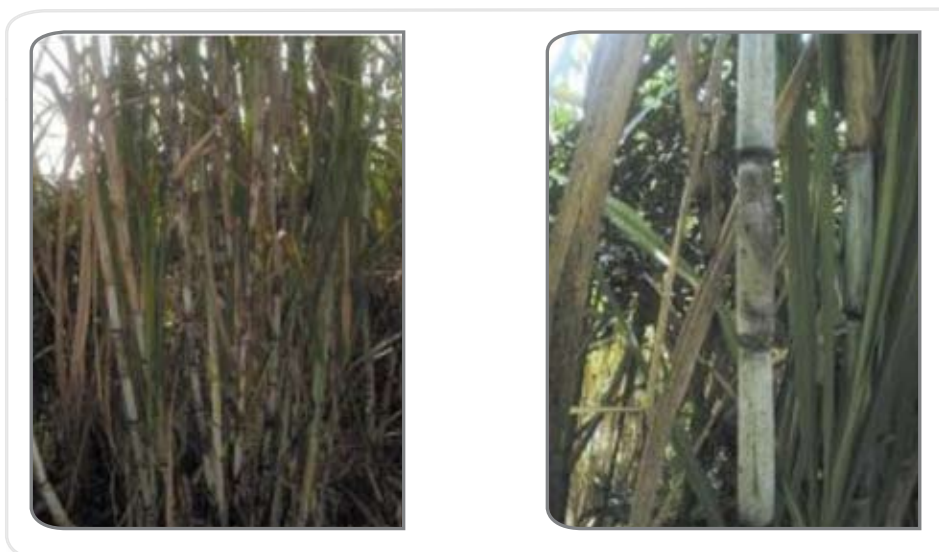
**Figura 20.** Variedad PR 61-632

Se adapta a la mayoría de las regiones productoras de panela. Presenta buen anclaje en el suelo, lo cual la hace altamente resistente al volcamiento. La maduración es tardía. Es una variedad con bajo contenido de sacarosa en los jugos; requiere buena maduración para obtener panela de buena calidad.

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 una Buena Práctica de Manejo en el proceso se logra un 55 a 60%. Es resistente al pisoteo en el cultivo (Corpoica – Sena, 1998).

### **Variedad CO 421**

Conocida comúnmente como valluna, esta variedad es originaria de Coimbatore, en la India, y se caracteriza por su tendencia al volcamiento en el 10% de los tallos; en general no presenta floración y su deshoje natural es parcial. El crecimiento es semierecto, sin rajadura de corteza, ausencia de brotes (lalas o chulquines) y con contenido abundante de pelusa en la yagua de las hojas. Presenta buen porte o altura de planta (2,88 m) y tallos medianamente gruesos (2,7 cm de diámetro) (figura 21). Por ser una variedad de alto contenido de fibra es tolerante al ataque de barrenadores del tallo. Muy susceptible a la infestación de hormiga loca (*Paratrechina fulva* Mayr) (Corpoica – Sena, 1998).



**Figura 21.** Variedad CO 421

Es de amplia adaptación en todas las zonas paneleras, se comporta muy bien en suelos de textura media a pesada y tolera condiciones deficientes de drenaje, y es susceptible en suelos con pH muy ácidos.

Su maduración es semi-tardía (18 a 20 meses). En la conversión a panela puede registrar un rendimiento del 10,5% con un producto de excelente calidad; a escala comercial no ofrece muchas posibilidades para la obtención del producto en otro tipo de presentaciones.

### **Variedad POJ 27-14**

Los tallos de esta variedad son largos y cilíndricos, de diámetro grueso, color morado, entrenudos de longitud media y no contienen cerosina. Su hábito de crecimiento es semierecto, de hojas abiertas, macollamiento escaso, pelusa abundante y se deshoja con facilidad (figuras 22 y 23).

Es un material de amplia adaptación a diferentes agroecosistemas y especialmente en suelos ácidos y buen comportamiento en la mayoría de los suelos de ladera.

Su maduración es tardía, puede presentarse antes de los 20 meses de edad del cultivo y genera jugos de excelente calidad. Presenta facilidad para la limpieza de jugos. Es susceptible al pisoteo.

**Las variedades  
mejoradas  
recomendadas para  
el departamento de  
Antioquia son la RD  
75-11 y CC 84-75.**



**Figura 22.** Panorámica de POJ 27-14



**Figura 23.** Variedad POJ 27-14

### Variedad RD 75-11

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. Su hábito de crecimiento es semierecto, con hojas largas, angostas y puntas dobladas, poseen un color verde amarillento, no tienen pelusa y, si la tienen, es rara. Presenta buen macollamiento, aunque no buen deshoje natural (figura 24).



**Figura 24.** Variedad RD 75-11

Los tallos tienden a inclinarse y son susceptibles al volcamiento, por lo cual, como BPA, se recomienda utilizar esta variedad en terrenos menos pendientes u ondulados. Se comporta muy bien en suelos que no presenten excesos de humedad. Presenta restricción en ambientes que propicien la floración. La maduración es semitardía y es muy estable en este proceso.

Es un material de amplia adaptación en las zonas paneleras, que ofrece muy buena concentración de sacarosa en los jugos, por lo que da un excelente índice de conversión a panela que puede llegar a un 12,5% a escala comercial, y ofrece excelentes posibilidades para la obtención de nuevas presentaciones del producto, como panela instantánea, granulada, pastillas, 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; una BPA es utilizarla en alimentación animal. La RD 75-11 es muy buena productora de cachaza y melote, subproductos importantes en la alimentación animal.

Presenta tendencia a la floración, por debajo de 1.400 m.s.n.m., especialmente en aquellos nichos con alta nubosidad y bajo brillo solar. La RD 75-11 se comporta mejor en alturas entre 1.400 y 1.800 m.s.n.m., en suelos con topografía ondulada para evitar el volcamiento, dado que su hábito de crecimiento no es muy erecto. Una fertilización inadecuada y deficiente en materia orgánica, nitrógeno y fósforo, puede inducir e incrementar el nivel de floración.

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 BPA 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 (Corpoica – Sena, 1998).

### Variedad CC 84-75

Es originaria de Cenicaña en el Valle del Cauca. Los tallos son largos, erectos, rectos, delgados, de color morado claro cuando jóvenes y violáceo verdoso al madurar. Su hábito de crecimiento es erecto; las hojas poseen un color verde intenso y pelusa poca y rala (figura 25). Buen macollamiento y deshoje natural. Los tallos presentan rajadura de corteza y tienden a inclinarse.

Este material es de amplia adaptación en las zonas paneleras. Se comporta bien en una gama extensa de formaciones de suelos, tolera suelos ácidos con alta saturación de aluminio. La germinación es excelente, el crecimiento vigoroso y la floración casi nula. Resistente a las enfermedades de carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow), roya (*Puccinia melanocephala*) y mosaico; altamente resistente al raquitismo de las socas; susceptible a la escaldadura de las hojas (*Xanthomonas albilineans* Dowson); con alta incidencia del síndrome de la hoja amarilla (*Cercospora kopkei*); susceptible al diatraea (*Diatraea saccharalis* Fabricius), y medianamente susceptible al pulgón amarillo (*Sipha flava*).

**La variedad tiene un papel primordial en la capacidad productiva del cultivo, por la diversidad de condiciones de clima, suelo y manejo en cada región.**



**Figura 25.** Variedad CC 84-75

De maduración semiprecoz, pero con buena concentración de sacarosa. Produce jugos y panela de buena calidad, y mieles de excelente viscosidad y color; ofrece buenas posibilidades para la obtención de nuevos usos y otras presentaciones del producto, como panela instantánea, panela granulada, pastilla o cubos. En campo, se caracteriza por producir altos volúmenes de biomasa aprovechables en el proceso agroindustrial y alimenticio (Cenicaña, 1992). Se comporta bien en alturas entre 1.000 – 1.200 m.s.n.m. y en topografías pendientes, su hábito de crecimiento es erecto y no tiene problemas de volcamiento.

### **Variedades recomendadas para el departamento de Antioquia**

Las variedades mejoradas recomendadas para el departamento de Antioquia son: RD 75-11; CC 84-75, por mayor rendimiento, resistencia a principales insectos plaga y enfermedades y alta concentración de azúcares; la RD 75-11 para alturas superiores a los 1.400 m.s.n.m. y topografía plana u ondulada; y la CC 84-75 para zonas más calientes entre 1.000 a 1.200 m.s.n.m. y en topografías planas y pendientes.

La RD 75-11 en topografías pendientes tiende a volcarse, por su hábito de crecimiento reclinado. La CC 84-75 tiene un hábito de crecimiento erecto y no tiene problemas de volcamiento en zonas pendientes.

# **Manejo de suelos**

Se cultiva con rendimientos óptimos en las hondonadas y partes planas bien drenadas. En las cuchillas o lomas (suelos residuales) el crecimiento de la caña es menor, pero tiene mayor concentración de sacarosa (Corpoica – Sena, 1998).

## **Análisis de suelos**

Para un buen desarrollo y productividad del cultivo de la caña es necesaria la adición de nutrientes basados en la fertilidad natural del suelo y de acuerdo con los requerimientos del cultivo, frente a lo cual las BPA, en el manejo de la fertilidad del suelo, deben partir del conocimiento del recurso, por medio de un análisis de suelos en un laboratorio acreditado.

El análisis de suelos nos indica sus características físico-químicas y su estado de fertilidad. Igualmente, permite establecer estrategias para el mantenimiento de la fertilidad, mejorar la productividad y conservar el recurso. Por eso, como parte de las BPA, el análisis es básico para la elaboración de un plan de manejo del suelo, con vistas a su adecuada fertilización y conservación.

Una muestra de suelos es una pequeña cantidad que representa el volumen que éste ocupa en el campo, en un área y a una profundidad determinada, con características uniformes de pendiente, vegetación, material parental, clima, grado de erosión, manejo, etc.

Un análisis de suelos comprende cuatro fases importantes:

## **División del área en unidades representativas**

Las siguientes variables permiten definir las áreas que son representativas para la toma de la muestra de suelos. Así, en un terreno de topografía pendiente se debe tomar una muestra, y en uno plano otra, sin mezclarlas.

*Relieve:* las variaciones de relieve generalmente indican variaciones de suelos; por ejemplo, las partes altas serán más lavadas y ácidas que las partes bajas.

*Vegetación:* los suelos vírgenes son diferentes a los que han estado sometidos a cultivos intensos; una explotación prolongada con yuca puede originar suelos pobres en potasio; con algodón, se ha comprobado que degrada la estructura del suelo, al contrario de los pastos. Por eso una BPA importante es conocer la historia del terreno para evaluar sus posibles deficiencias o contaminaciones, en caso de presentarse.

*Clima:* áreas pequeñas pueden presentar diferencias en cantidad de nutrientes y diferencias de niebla, precipitación, etc., que condicionan estados diferentes en el suelo. Donde hay más niebla es más húmedo y se acumula mayor cantidad de materia orgánica debido a que la energía solar que llega al suelo es menor.

*Material parental:* los suelos derivados de aluvión son diferentes a los derivados de ceniza volcánica.

*Grado de erosión:* a medida que el suelo se erosiona pierde su capa vegetal, e incrementa el estado de pobreza de nutrientes.

*Manejo:* se debe tener en cuenta los cultivos anteriores, y los fertilizantes y enmiendas aplicados.

## **Toma de muestras de suelo**

Para realizar una BPA en este aspecto es importante:

- Tener como herramientas de trabajo una pala, una barreno, un balde, un cuchillo, cajas de cartón o bolsas plásticas y hojas de información.
- Tomar las muestras de uno a dos meses antes de las siembras.
- No tomar muestras en suelos demasiado húmedos, en fajas fertilizadas, al pie de cercas, saladeros, caminos, terrenos erosionados, zonas de quemas, o sitios donde haya cal, estiércoles o cenizas.
- Eliminar restos de grama y otros materiales extraños, aproximadamente un centímetro.
- Tener en cuenta la profundidad que alcanzan las raíces del cultivo en cuestión, así: para pastos 8–10 centímetros; para la caña bastarán 30–40 centímetros. Para análisis de salinidad y en suelos salinos tomar la muestra de 0–5 cm.
- Una vez tomada la muestra se eliminan raíces, piedras, palos o materiales diferentes al suelo

### **¿Cómo tomar la muestra de suelo?**

Con la pala se hace un hueco de 30 cm de diámetro y 50 cm de profundidad, luego un corte de 2 a 3 cm de grueso en la pared de éste. Con el cuchillo se toma del centro de la tajada una faja de 3 cm de ancho y se deposita en el balde. Se repite la operación en diferentes sitios del lote.

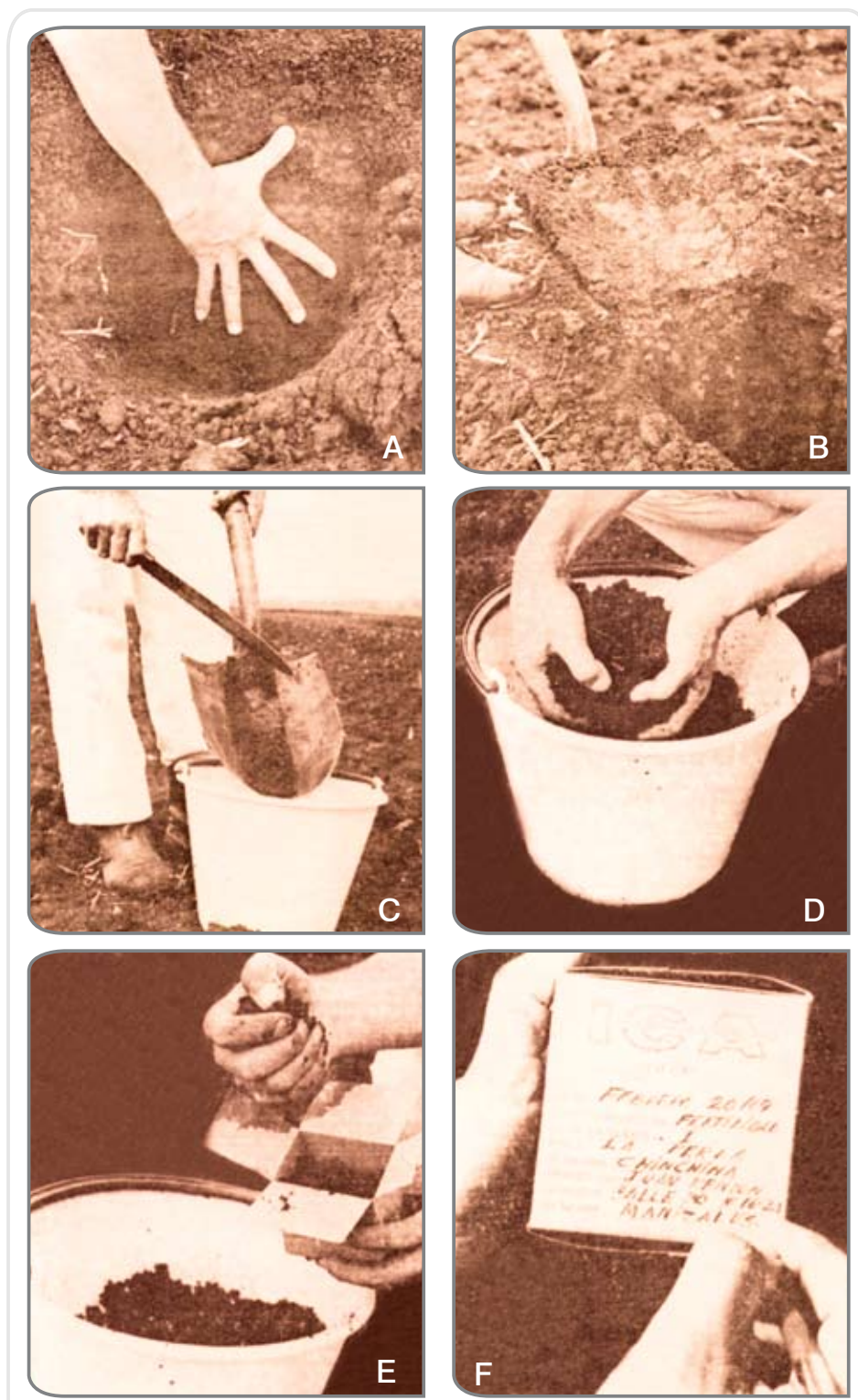
Quebrar los terrones y mezclar bien las muestras; dejar secar la muestra si el suelo está húmedo, empacar en cajas y en bolsas.

## **Análisis de las muestras en los laboratorios**

*Fertilidad:* comprende pH, textura, materia orgánica (M.O.), fósforo (P) y potasio (K); aluminio (Al), en muestras con pH menor de 5,5.

*Caracterización:* comprende pH, materia orgánica, fósforo, potasio, aluminio, capacidad de intercambio catiónico (CIC), textura, calcio, magnesio y sodio.

*Salinidad:* comprende porcentaje de carbono (% C), aluminio (Al), textura, pH, carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), humedad, CIC y bases totales (BT), porcentaje de saturación de bases (% SB) y salinidad.



**Figura 26.** Toma de muestra de suelo. A. Profundidad de la muestra. B. hueco en "v". C. Faja de 3 cms. D. Mezclar bien. E. Empacado. F. Marcar la muestra

Las variaciones de relieve generalmente indican variaciones de la fertilidad de los suelos; las partes altas serán más lavadas y ácidas que las partes bajas.

Los análisis deben ser interpretados por una persona que entienda de suelos y que conozca las condiciones que favorecen el desarrollo del cultivo (Correa, 1977).

Fertilización

La caña es un cultivo permanente que anualmente remueve grandes cantidades de elementos nutritivos del suelo, los cuales deben devolverse mediante fertilizaciones minerales. Por eso, dentro de las BPA, se deben enfocar acciones que propendan por el manejo de la fertilidad del suelo.

Las épocas recomendadas para la aplicación de fertilizantes, como una BPA, son en el momento de la siembra y después de cada corte; no hacer aplicaciones después de cuatro meses de siembra o corte, porque se disminuye el aprovechamiento de nutrientes y se afecta la calidad de la panela.

Los cañaduzales están en óptimas condiciones cuando tienen hojas de color verde oscuro, tallos y entrenudos largos y de buen diámetro (tabla 10), dependiendo de la variedad y de un sistema radicular sano y bien desarrollado.

Tabla 10. Rasgos de buena fertilidad (tallo)

| Largo y diámetro de tallos |                |                |                |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Longitud tallo             |                | Diámetro tallo |                |
| Corto                      | Menor 2,5 m    | Muy delgado    | Menor de 20 mm |
| Mediano                    | 2,5 a 3,5 m    | Delgado        | 21 a 25 mm     |
| Largo                      | mayor de 3,5 m | Mediano        | 26 a 30 mm     |
|                            |                | Grueso         | 31 a 35 mm     |
|                            |                | Muy grueso     | Mayor a 36 mm  |

La cantidad de nutrientes que extrae la caña para su nutrición pueden variar dentro de límites muy amplios dependiendo de la variedad, el estado de fertilidad del suelo y la edad de la caña en el momento de realizarse el corte. Según Barnes (citado por Muñoz), “50 toneladas de caña de molienda asimilan del suelo 34 kilos de nitrógeno, 23 kilos de  $P_2O_5$  y 68 kilos de  $K_2O$ ”.



Figura 27. Aplicación de cal

## Asimilación de nutrimentos por la caña de azúcar

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

- No minerales: carbono, hidrógeno y oxígeno.
- Nutrimentos mayores: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre.
- Micronutrimentos: boro, zinc, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno.

En la tabla 11 se muestra la asimilación de los nutrientes N, P, K, Ca y Mg por parte de la caña, que son sus requerimientos.

**Tabla 11.** Nutrientes asimilados por la caña y sus requerimientos de fertilización

| Producción                                            | Extracción de nutrientes |                                       |                          |             |             |
|-------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------|-------------|
|                                                       | N<br>(kg)                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg) | K <sub>2</sub> O<br>(kg) | CaO<br>(kg) | MgO<br>(kg) |
| 50 t/molienda                                         | 34                       | 23                                    | 68                       | -           | -           |
| 50 t/ha de caña de la variedad POJ 27-14 <sup>1</sup> | 126-165                  | 78-94                                 | 233-276                  | 173-181     | 139-168     |
| 1 t de caña <sup>2</sup>                              | 1,2-1,4                  | 0,5-0,9                               | 5                        | 1,6         | 1,2         |
| 1 t azúcar <sup>3</sup>                               | 5,9-10,4                 | 3,7                                   | 16                       | 16,8        | -           |

Fuentes: 1. Barne; 2. Dutroit y 3. Ramos y Samuels, citados en: Manrique e Insuasty (2000).

### Nitrógeno

Es un elemento que en la planta de caña se combina con los azúcares para formar aminoácidos y proteínas que llegan a constituir hasta el 50% del protoplasma celular. Este nutrimento hace parte de la clorofila, y en la planta de caña estimula el crecimiento y la formación de azúcares y sacarosa. Sin embargo, aplicaciones excesivas y extemporáneas, especialmente tardías, producen efectos indeseables tales como encamado (vuelco), retardo en la maduración, producción de mamones (retoños de agua) y formación de tallos acuosos y succulentos que, a pesar de dar altos tonelajes de caña, la producción de panela es inferior y de mala calidad, debido fundamentalmente a que el grado Brix es bajo y los jugos formados tienen altos contenidos de azúcares reductores.

### Fósforo

Se encuentra en todas las zonas de crecimiento tanto de raíces como de meristemos terminales, haciendo parte del protoplasma celular. En las hojas, en forma de fosfatos, interviene en la fotosíntesis y en la liberación de energía por oxidación de la glucosa. El fósforo 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. Se afirma, además,

A medida que el suelo se erosiona va perdiendo la capa vegetal, incrementándose el estado de pobreza de nutrientes.

que el fósforo acelera los procesos de maduración y es necesario para la polinización de almidones. Cuando el contenido de fósforo es bajo en la planta, la caña no utiliza todo el nitrógeno absorbido y, como consecuencia, se retarda la maduración.

### **Potasio**

Es un nutrimento que activa el sistema enzimático de las plantas de caña, particularmente la *invertasa*. Estimula la asimilación de carbohidratos y la formación de almidones y azúcares. Una ligera deficiencia de potasio ocasiona sensibles disminuciones en la formación de almidones, dando como resultado bajo porcentaje de sacarosa, fundamental en caña para panela. En la planta, un balance adecuado N – K promueve la formación de tejidos resistentes y previene el volcamiento. Este balance N – K se relaciona con la conversión de azúcares reductores a sacarosa antes de la cosecha.

El potasio promueve el desarrollo de raíces, tallos y hojas, y hace menos ostensibles los efectos de sequía, debido a que estimula el transporte de agua y otros elementos dentro de la planta de caña. En las células aumenta el espesor de la pared y la turgidez. Cañas con bajo contenido de potasio en los tejidos no absorben ni transportan la cantidad de agua que requieren para su normal desarrollo.

### **Fertilización para tipos de suelos en Antioquia**

Generalmente se observan deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio en casi todas las regiones cañeras. En la literatura se reportan también deficiencias de calcio, magnesio, azufre, zinc, boro, cobre, molibdeno y sílice. Los cambios en el color de las hojas y la aparición de manchas, rayas, clorosis y necrosis de los tejidos son expresiones indicativas de estos síntomas. A medida que la deficiencia es más aguda, el desarrollo se reduce más, las plantas se achaparran y frecuentemente desarrollan los síntomas de deficiencia.

Investigando sobre fertilización en Antioquia en cultivos de caña panelera, encontró las dosis con las cuales se pueden obtener altos rendimientos. Estas dosis varían entre 50 y 75 kg/ha de nitrógeno; 75 a 150 kg/ha de  $P_2O_5$  y 75 a 225 kg/ha de  $K_2O$ . (Muñoz, s.f.)

Además el borax, el sulfato de magnesio ( $MgSO_4$ ) y el azufre elemental son otros nutrientes que parecen tener mucha importancia en la nutrición en la caña en Antioquia.

En relación con fuentes y fraccionamiento de nitrógeno, se obtuvieron resultados que permiten establecer que la urea, el sulfato de amonio y el nitrón 26 pueden ser utilizados para fertilizar caña, en dosis que oscilan entre 75 y 150 kg/ha de nitrógeno.

En cuanto a fuentes de fósforo, se puede indicar que la caña panelera necesita recibir fósforo en la siembra y en la soca subsiguiente. La fuente más indicada es el superfosfato triple, seguida en eficiencia por las escorias Thomas (fertilizante rico en fósforo).

El cloruro de potasio (KCl) y el sulfato de potasio ( $K_2SO_4$ ) son las fuentes comerciales de potasio más conocidas; sin embargo, la primera es de uso generalizado en los cultivos de caña (Muñoz, s.f.).

Cuando en un suelo se presenta alta saturación de aluminio (más del 40%) afecta la disponibilidad del fósforo para la planta, puesto que, se fija.

A continuación se pueden ver las condiciones de producción de la caña de Antioquia, que son suelos ácidos, con bajas cantidades de fósforo, nitrógeno y potasio, magnesio y calcio (tabla 12).

**Tabla 12.** Condiciones de producción de la caña en Antioquia

|                                  |                                            |
|----------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Suelos:</b>                   | Rojos, erosionados                         |
| <b>Textura:</b>                  | Pesada, arcillosos                         |
| <b>Drenaje natural:</b>          | Deficiente (zonas planas)                  |
| <b>Acidez - pH:</b>              | 4,1-5,5 (Muy ácidos)                       |
| <b>Aluminio:</b>                 | <3.0 meq Al/100 g (Bajo a medio)           |
| <b>Magnesio y calcio:</b>        | < 1,5 meq Mg/100 g.(Bajo a medio)          |
| <b>Fósforo disponible:</b>       | < 15 ppm (medio)                           |
| <b>Altura (s.n.m.):</b>          | 900-1.800 metros                           |
| <b>Precipitación:</b>            | 2.300 m.m. anual                           |
| <b>Temperatura:</b>              | 18-24 °C                                   |
| <b>Resultado:</b>                | Desarrollo regular, problemas enfermedades |
| <b>Elementos más limitantes:</b> | Fósforo ->Potasio ->Nitrógeno              |

Fuente: Muñoz, A. R (s. f.)

En la tabla 13 se observan los rangos críticos de algunos fertilizantes en caña.

**Tabla 13.** Rangos críticos de algunos fertilizantes en caña

| Elemento                | Bajo             | Medio     | Alto    |
|-------------------------|------------------|-----------|---------|
| <b>Calcio</b>           | 0-3 meq/100 g.   | 3-6       | >6      |
| <b>Magnesio</b>         | 0-1 meq /100 g.  | 1-2       | >2      |
| <b>Azufre</b>           | 0-6 ppm          | 6-12      | > 12    |
| <b>Hierro</b>           | < 25 ppm         | 25-60     | > 60    |
| <b>Materia orgánica</b> | <5%              | 5-10%     | >10%    |
| <b>Fósforo</b>          | < 10 ppm         | 10-20     | >20%    |
| <b>Potasio</b>          | < 0,30 meq/100 g | 0,60      | > 0,60  |
| <b>Cobre</b>            | < 1 ppm          | 1-3       | > 3     |
| <b>Boro</b>             | < 0,3 ppm        | 0,3-0,6   | > 0,6 . |
| <b>Manganeso</b>        | < 15 ppm         | 15-30     | > 30    |
| <b>Zinc</b>             | < 1,5 ppm        | 1,5- 3    | > 3,    |
| <b>Molibdeno</b>        | 0,10 ppm         | 0,1 – 0,3 | 0,3 ppm |

Fuente: Muñoz, A. R. (s. f.)

En la tabla 14 se dan las recomendaciones sobre fertilización en caña con base en los resultados del análisis de suelo.

Una BPA para plantar la caña es roturar únicamente el surco donde se va a sembrar (labranza mínima), como recomendación para las zonas de ladera.

**Tabla 14.** Recomendaciones sobre fertilización en caña

| Componente              | Nivel | Dosis                  | Fuente comercial         |
|-------------------------|-------|------------------------|--------------------------|
| <b>Materia orgánica</b> | Bajo  | 90-120 kg de N         | 4-6 bultos de urea       |
|                         | Medio | 45-90 kg de N          | 2-4 bultos de urea       |
|                         | Alto  | No aplicar nitrógeno   |                          |
| <b>Fósforo</b>          | Bajo  | 120-150 kg de $P_2O_5$ | 6 bultos de superfosfato |
|                         | Medio | 45-90 kg de $P_2O_5$   | 2 bultos de superfosfato |
|                         | Alto  | No aplicar fósforo     |                          |
| <b>Potasio</b>          | Bajo  | 150-225 kg de $K_2O$   | 6-8 bultos de KCl        |
|                         | Medio | 75-150 kg de $K_2O$    | 3- 4 bultos de KCl       |
|                         | Alto  | 75 kg de $K_2O$        | 2 bultos                 |

Fuente: Muñoz, A. R. (s. f.)

**Tabla 15.** Recomendaciones sobre fertilización con borax, sulfato de zinc y azufre elemental en caña

|                |                                                                                          |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Boro:</b>   | < 0.3 ppm. 10 kg ha de Borax                                                             |
| <b>Zinc:</b>   | < 1.5 ppm. 25-50 kg ha de $ZnSO_4$                                                       |
| <b>Azufre:</b> | < 6 ppm. 30-60 kg ha de S elemental o 100 - 150 kg.ha $(NH_4)_2SO_4$ (sulfato de amonio) |

El fertilizante compuesto más recomendado para la producción de caña, en general, es el 10-20-20 (N-P-K); para conocer la cantidad que se debe aplicar por g/m, se puede utilizar la tabla 16, así: se mira la distancia entre surcos del cultivo y con base en la dosis sugerida, según el análisis de suelos, se cruzan estos datos y en la celda de intersección se observa la cantidad recomendable.

La época de aplicación debe ser al momento de la siembra y después de cada corte (entre 30 y 40 días después del corte).

Cuando la fertilización se hace con fuentes, fraccionar la urea, la mitad a la siembra y la otra mitad a los 90 días.

**Tabla 16.** Fertilizante compuesto 10-20-20 (N-P-K), por hectárea a diferentes distancias entre surcos.

| Distancia<br>entre<br>surcos (m) | #<br>Surcos<br>x ha | kgl/ha |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------------|---------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                  |                     | 100    | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 |
| glm                              |                     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1,20                             | 83                  | 12     | 18  | 24  | 30  | 36  | 42  | 48  | 54  | 60  | 66  | 72  |
| 1,30                             | 77                  | 13     | 19  | 26  | 32  | 39  | 45  | 52  | 58  | 65  | 71  | 78  |
| 1,40                             | 71                  | 14     | 21  | 28  | 35  | 42  | 49  | 56  | 63  | 70  | 77  | 84- |

Es importante tener en cuenta que las dosis recomendadas y la cantidad aplicada al cultivo, según el análisis de suelos, de los diferentes elementos utilizados en la fertilización son necesarias para una buena productividad del cultivo y un manejo adecuado de la fertilidad del suelo. Si no se cumple con esta

BPA, se presenta degradación del suelo por desbalances entre los elementos y contaminación, se afecta la calidad de la panela y ocurren sobrecostos.

Por ejemplo, una dosis mayor de la necesaria de nitrógeno inhibe la asimilación de fósforo y potasio y daña la calidad de la caña para panela; además, causa acidificación del suelo y contamina las fuentes de agua por fenómenos de lavado.

Una BPA no es simplemente aplicar la cantidad recomendada, sino que esta aplicación sea medida correctamente para evitar que unos sitios del cultivo tengan mayor o menor fertilización por la aplicación a cálculo.

### Fertilización orgánica en caña panelera

Tanto para sistemas intensivos como extensivos, las cantidades de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  difícilmente pueden obtenerse a partir de la fertilidad natural del suelo.

La materia orgánica cumple un papel decisivo en el mantenimiento de su capacidad productiva, por tanto no se puede prescindir de ella y confiar todos los aspectos de la fertilidad del suelo a los fertilizantes minerales. El problema es que no basta sólo con el uso eficiente de los fertilizantes minerales; también es indispensable la materia orgánica, importante para la aireación, el drenaje y la vida del suelo (microorganismos del suelo). Es posible asegurar que, para cultivos intensivos, se pueden conseguir buenos rendimientos en caña y panela a partir de fertilizantes minerales, con un adecuado soporte orgánico. La materia orgánica se encuentra en la naturaleza bajo muchas formas: restos vegetales, estiércol y otros residuos animales. En la tabla 17 se puede observar la composición de algunos estiércoles que se pueden utilizar en un plan de fertilización.

**Tabla 17.** Contenido de N, P, K en diferentes estiércoles

| Clase de estiércol | N   | $P_2O_5$<br>Kilos/100 kilos de estiércol | $K_2O$ |
|--------------------|-----|------------------------------------------|--------|
| Caballo            | 6,7 | 2,3                                      | 7,2    |
| Vaca               | 3,4 | 1,3                                      | 3,5    |
| Cerdo              | 4,5 | 2                                        | 6      |
| Oveja              | 8,2 | 2,1                                      | 8,4    |
| Gallina            | 15  | 10                                       | 4      |

Fuente: Manrique, E. R., 1992.

Además de aportar nitrógeno, fósforo y azufre, se enriquece el suelo con potasio, magnesio, calcio, manganeso, boro y cobre, dependiendo de la clase y condición y los alimentos consumidos por el animal.

Como consecuencia de la actividad biológica (macro y microbiana) que se desarrolla en el suelo, la materia orgánica fresca se descompone y, en una primera etapa de evolución rápida, se transforma en humus. En una segunda etapa de evolución lenta, el humus desaparece al convertirse en compuestos,  $CO_2$  y agua (tabla 18).

El surco de siembra requiere una preparación a una profundidad de 20 a 30 cm y su ancho de 30 cm, para favorecer el buen desarrollo radicular.

**Tabla 18.** Tipos de materia orgánica en el suelo

| Tiempos de descomposición | Constituyentes                                            |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Hasta 3 años              | Paja, madera, tallos, papel, lignina                      |
| < ½ año                   | Hojas, cortezas, flores, frutos, abono animal (estiércol) |
| Hasta 1 ½ años            | Cuerpos de macro y microorganismos y sus metabolitos      |
| Hasta 2 ½ años            | Compost maduro                                            |

Fuente: Toscano, 2006.

En el suelo, la materia orgánica se transforma por la acción de los microorganismos, los cuales derivan de ella el carbono y la energía para su crecimiento. En el proceso de descomposición gran parte del carbono se libera como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Varios factores influyen en la rata de descomposición de la materia orgánica: la naturaleza química de los residuos, la temperatura, la humedad, la aireación, la posición geomorfológica del suelo, el pH, el contenido de nitrógeno y la composición mineralógica de las arcillas.

El contenido de materia orgánica aumenta a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar. Los contenidos de materia orgánica contribuyen a la capacidad de intercambio catiónico. La materia orgánica es tan importante que da origen a un orden de suelo llamado histosoles (suelos derivados de tejidos vegetales).

En el proceso de producción de caña y panela resulta mucha materia orgánica, a partir de los residuos de cosecha (encalle), los diferentes subproductos del molino (ceniza, bagazo, bagacillo, etc.), los estiércoles de los animales utilizados en el transporte de la caña (mulas) y las diferentes especies animales de la finca (gallinas, cerdos y bovinos); todos estos residuos se pueden adicionar a un manejo de lombricultivo y producción de humus o a un proceso de compostaje (Manrique, 1992).

## **BPA para el almacenamiento de fertilizantes y abonos orgánicos**

- El área de almacenamiento de los fertilizantes debe ser techada, estar limpia y seca, retirada de la vivienda, del sitio de beneficio o trapiche y de fuentes de aguas para evitar su contaminación.
- Los fertilizantes deben almacenarse separados de otros productos, especialmente de los fitosanitarios. Se recomienda almacenarlos separados de las paredes del recinto, sobre estibas o tarimas, para evitar que se humedezcan y la proliferación de plagas y roedores.
- Los fertilizantes se deben almacenar en sus envases originales, o en un lugar debidamente identificado si se encuentran a granel.
- La zona de almacenamiento de fertilizantes debe estar debidamente señalizada.
- El área de almacenamiento de fertilizantes debe incluirse en el programa de control de plagas del predio.
- Se debe mantener, en el área de almacenamiento, un registro actualizado de las existencias de fertilizantes.
- Los arrumes de los abonos orgánicos deben estar separados de los arrumes de los fertilizantes químicos.

# **Protección o manejo sanitario del cultivo**

## **Arvenses (malezas)**

La presencia no controlada de plantas arvenses disminuye los rendimientos hasta en un 60%; el control que sobre ellas se ejerce en las zonas paneleras es por lo general, deficiente. Se ha determinado que el período más crítico de competencia por agua, luz, nutrientes y espacio entre las arvenses y el cultivo ocurre en las etapas de germinación y macollamiento (hasta 45 días después de la siembra). Después de que la caña cierra, la sombra que produce el follaje es suficiente para controlarla. Sin embargo, el control de arvenses debe hacerse en forma integrada, como BPA, combinando métodos culturales y mecánicos.

Hay que tomar en cuenta la adaptación de las arvenses y por qué éstas se adaptan mucho más fácil al medio ambiente que los cultivos.

*Ciclo de vida:* se puede decir que la mayoría de las arvenses, casi el 99%, tienen un ciclo de vida más corto que el cultivo, se desarrollan más rápido y cumplen con su ciclo completo. El desarrollo rápido, tanto de su sistema radical como de su parte aérea, le da más capacidad a la planta de competir por luz, agua y nutrientes con el cultivo.

*Plasticidad de las poblaciones:* se tiene todo tipo de arvenses, compiten unas con otras y se adaptan en diferentes condiciones al medio ambiente o al cultivo con el que se están desarrollando.

*Germinación desigual de las arvenses:* esto significa que tienen capacidad de germinar en casi cualquier época del año, lo que les da ventaja sobre el cultivo.

*Producción de inhibidores:* hay muchas arvenses, como por ejemplo el arbusto chumico, que se encuentra en las partes menos lluviosas, que producen sustancias que inhiben el desarrollo de otras plantas.

*Producción de semillas en forma numerosa:* se debe recordar que una de las características principales de las arvenses es que sus semillas son todas pequeñas, en gran cantidad, que tienen la capacidad de ser arrastradas por el viento, por el agua, insectos o animales, lo que les da garantía de reproducción.

*Adaptación de las arvenses:* tienen gran capacidad de adaptarse a cualquier variación del medio ambiente en mejor condición que el cultivo (Céspedes, 1982).

### Control cultural, manual y mecánico

*Cultural:* es el ejercido por el mismo cultivo sobre las arvenses, debido a la capacidad que tiene de competirles por agua, luz, nutrientes y espacio. Todas las BPA (preparación de suelos, sistemas y distancias de siembra, semilla de buena calidad, semilleros, fertilización, riego, control adecuado de insectos plaga y enfermedades) contribuyen a establecer un control cultural, ya que favorecen el buen desarrollo de la plantación de caña.

*Control manual y mecánico:* es el más convencional de los controles mencionados. En él se utiliza la pala, el azadón y el machete (figura 28); por lo general, se requieren de dos a cuatro desyerbas por año en sistema de siembra mateado, después de cada corte; en el sistema a chorrillo se dan una a dos desyerbas, dependiendo de la densidad de siembra; a mayor distancia entre surcos mayor presencia de arvenses.



Figura 28. Control manual de arvenses

Como BPA, no hay que hacer desyerbas después de que la planta de caña haya alcanzado una altura que va desde la rodilla a la cintura (se dice rodillera), ya que la planta en este estado de desarrollo tiene alta capacidad de competencia con otras plantas o arvenses que se puedan presentar en el cultivo.

En la tabla 19 se incluyen algunas de las principales arvenses registradas en los cultivos de caña.

Tabla 19. Tipo de arvense

| Tipo de arvense | Nombre científico            | Nombre común    |
|-----------------|------------------------------|-----------------|
| Gramíneas       | <i>Digitaria sanguinalis</i> | Guarda rocío    |
|                 | <i>Leptochloa filiformis</i> | Paja mona       |
|                 | <i>Echinochloa colonum</i>   | Liendrepuerco   |
|                 | <i>Rottboellia exaltata</i>  | Caminadora      |
|                 | <i>Eleusine indica</i>       | Pata de gallina |
|                 | <i>Cenchrus spp.</i>         | Cadillo         |
|                 | <i>Sorghum halepense</i>     | Pasto Jonson    |

|            |                              |             |
|------------|------------------------------|-------------|
| Hoja ancha | <i>Ipomoea spp.</i>          | Batatilla   |
|            | <i>Amaranthus spp.</i>       | Bledo       |
|            | <i>Phyllanthus niruri</i>    | Viernesanto |
|            | <i>Euphorbia spp.</i>        | Varios      |
|            | <i>Emilia sonchifolia</i>    | Socialista  |
|            | <i>Momordica charantia</i>   | Archucha    |
|            | <i>Portulaca oleracea</i>    | Verdolaga   |
|            | <i>Corchorus orinocensis</i> | Espadilla   |
|            | <i>Sida ssp.</i>             | Escoba      |
|            | <i>Caperonia palustris</i>   | Caperonia   |
| Ciperáceas | <i>Mimosa pudica</i>         | Dormidera   |
|            | <i>Cyperus ferax</i>         | Cortadera   |
|            | <i>Cyperus rotundus</i>      | Coquito     |

Fuente: Oliverio, C. y De la Cruz, U. R., 1981.

## Insectos plaga asociados con la caña de azúcar en Colombia

La información acerca de los insectos plaga que atacan la caña de azúcar es abundante, por ser éste un cultivo de amplia distribución en las zonas tropicales y subtropicales. Box (1950) reportó alrededor de 1.300 especies de insectos en el mundo que se alimentan de caña. Conocer los principales insectos plaga del cultivo, su daño y la sintomatología de su presencia, permite evaluar el efecto sobre el cultivo y saber en qué momento tomar decisiones de una BPA para su control; como BPA, también es importante mantener acciones preventivas.

En el caso específico de Colombia, existen plagas que son comunes a otros países de América, como *Diatraea saccharalis* (gusano barrenador de la caña), aunque algunas especies tienen características específicas para la zona cañera de Colombia. Una situación similar ocurre con las plagas potenciales, como el barrenador gigante de la caña (*Castnia sp*), que se encuentra en algunas zonas paneleras colombianas, pero no en el área azucarera propiamente dicha; este insecto es de importancia económica en Panamá y Brasil.

Además de la distribución geográfica, las plagas presentan algunas características asociadas con las condiciones climáticas. El pulgón amarillo en el Valle del Cauca, por ejemplo, normalmente registra bajas poblaciones, sin embargo tuvo un brote sorpresivo en 1988 que causó pérdidas económicas importantes y obligó a utilizar medidas masivas de control.

Con la introducción de una amplia tecnología ajustada a la realidad de las zonas paneleras en aspectos genéticos, edafológicos y fisiológicos, se han logrado avances significativos en los rendimientos de la caña. No obstante, los insectos plaga se constituyen en enemigos potenciales por la frecuencia e intensidad de sus ataques, en gran parte por el desconocimiento que se tiene de ellos en cuanto al daño y las formas más efectivas para su manejo y control adecuados, lo cual afecta la productividad del cultivo.

La presencia no controlada de arvenses disminuye los rendimientos hasta en un 60%.

## El cucacho, cornudo o cucarrón de invierno (*Podischnus agenor* Olivier)

**Coleoptera: Scarabaeidae**

*Distribución y hospederos:* el cucacho se reporta en Colombia y otros países de Centro y Suramérica. Entre sus hospederos figuran la caña de azúcar, la guadua, la caña brava y el maíz.

La larva es un gusano blanco de color azulado, con cabeza castaña, mide 7 cm, tiene las patas dobladas hacia el abdomen y se encorva en forma de C.

El adulto es un escarabajo grande de color caoba, en el cual se opera un dimorfismo sexual: el macho es de mayor tamaño, con un prominente cuerno en la parte superior de la cabeza y una prominencia curvada en el centro del pronotum, generalmente bifurcado y con una superficie peluda de color café. Las hembras son de menor tamaño y sin cuernos, son muy buenas voladoras y activas durante la noche; para ovipositar, la hembra se entierra (figura 29).



**Figura 29.** Cucacho adulto (macho a la derecha y hembra a la izquierda superior); daño del insecto en el tallo (derecha e izquierda inferior).

*Daño e importancia económica:* el cucarrón de invierno es un insecto barrenador cuyo adulto se alimenta de los tallos de la caña de azúcar y de otras gramíneas. Los adultos emergen principalmente durante el período de lluvias del segundo semestre, copulan y ovipositan en el suelo. El macho construye túneles en la mitad superior de los tallos y, luego, mediante la emisión de una feromona, atrae a la hembra (Eberhard, 1977). Se ha encontrado que la infestación es mayor en los bordes que en el interior de los lotes (Corpoica-Sena, 1998).

Las larvas no causan daño al cultivo, se encuentran enterradas y se alimentan de materia orgánica en descomposición.

*BPA en el control de la plaga:* se golpean los tallos y los insectos retroceden y salen, se hace recolección manual de adultos que después deben ser eliminados. También se ponen trampas de guadua cargadas con bagazo o caña machacada, ubicando ocho trampas por hectárea que se monitorean cada mes. Una BPA en la preparación del suelo antes de la siembra es destruir los huevos, las pupas y los adultos y exponer las larvas a los rayos solares (figura 30).



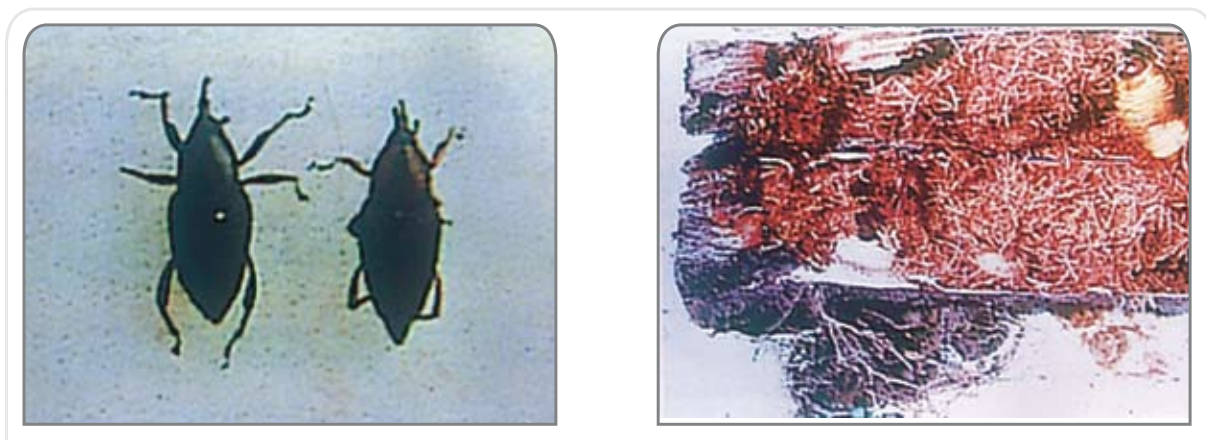
**Figura 30.** Trampa en guadua para control de adultos de los insectos plaga cucacho y picudo

### **El picudo rayado de la caña (*Metamasius hemipterus* Sericeus)** **Coleóptera: Curculionidae**

*Distribución y hospederos:* esta plaga también ha sido reportada en distintos países de Centro y Suramérica. Se han registrado muchos cultivos comerciales como hospederos de este insecto, entre los cuales sobresalen el plátano, el banano, la palma (de coco y aceite) y la caña de azúcar.

Las larvas son blancoamarillentas, con cabeza café oscura, con una longitud de 1,8 cm de largo. Los adultos son gorgojos de color marrón oscuro, con manchas o rayas castañas o amarillas a lo largo del tórax y los élitros (figuras 31 y 32); son atraídos por la fermentación (Corpoica- Sena, 1998).

Las arvenses  
compiten con la caña  
por el agua, la luz,  
los nutrientes y el  
espacio.



**Figura 31.** Picudos adultos (izquierda). Daño y larvas del picudo (derecha)



**Figura 32.** Adulto picudo rayado

*Daño e importancia económica:* generalmente no atacan tallos con entrenudos formados, pero pueden hacerlo en tallos que han sido perforados por otros insectos o por elementos mecánicos o cuando se quiebran por volcamiento. El picudo rayado es una plaga que aprovecha las aberturas hechas por el barrenador *Diatraea* para poner sus huevos, constituyendo el complejo *Diatraea* - *Metamasius*. Las larvas y los adultos hacen amplias galerías en la caña que contribuyen a la pérdida de jugos y destrucción de tejidos, e incluso al vuelco de la planta (Corpoica - Sena, 1998).

*BPA en control:* consiste en no usar material infestado para la siembra, cortar la caña a ras del suelo en la cosecha, no dejar caña cortada en el campo y sacar del lote los residuos de cosecha. Otro control es utilizar cebos trampa: se cortan trozos de guadua en forma longitudinal, se les hacen perforaciones a los lados y se llenan de caña madura macerada; luego se colectan los insectos y se destruyen.

## El barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis* Fabricius)

### Lepidóptera: Pyralidae

Distribución y hospederos: el barrenador del tallo es una especie común en todos los cultivos de caña en Colombia. En la región norte y nororiental de Colombia se ha encontrado, además, *D. rosa*. En el valle geográfico del río Cauca se tiene conocimiento de la presencia de *D. indiginella*. Se han reportado 40 especies gramíneas como hospederos que le sirven de alimento: en cultivos como maíz, sorgo, millo, arroz, avena, trigo, cebada, pastos forrajeros y gramíneas arvenses.

*Descripción y ciclo de vida:* el promedio de huevos por polilla es de 500. Los huevos recién depositados son de color amarillo crema y de forma elíptica. Se localizan en el haz o en el envés de las hojas, en masas de 20 a 30. Cuando eclosionan, las larvas se tornan transparentes.

Las larvas miden 2,5 a 3 cm de largo, son de color blanco cremoso y cabeza de color café oscuro.

Los adultos son polillas de color pajizo, blanco o habano; las alas delanteras son más pardas que las traseras. Son nocturnas.

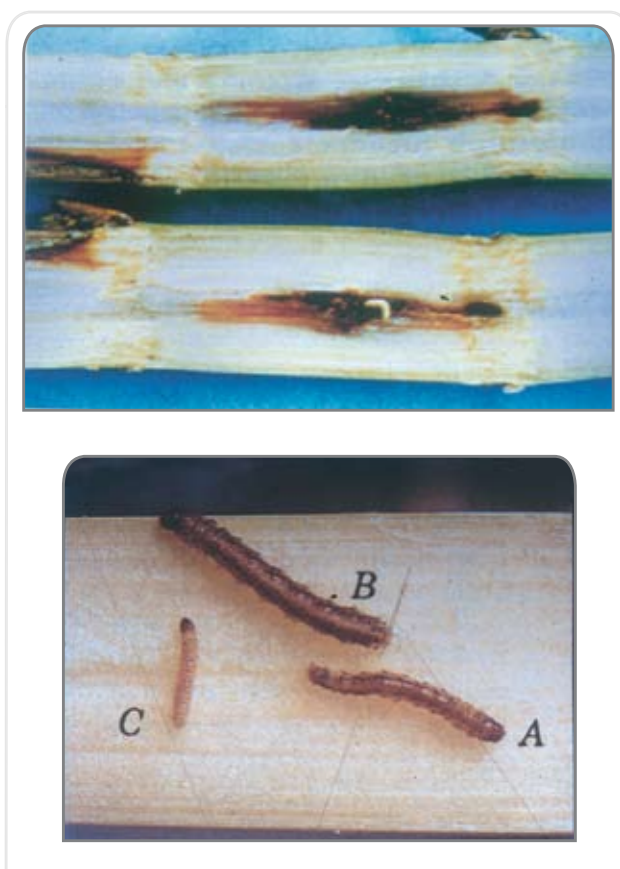
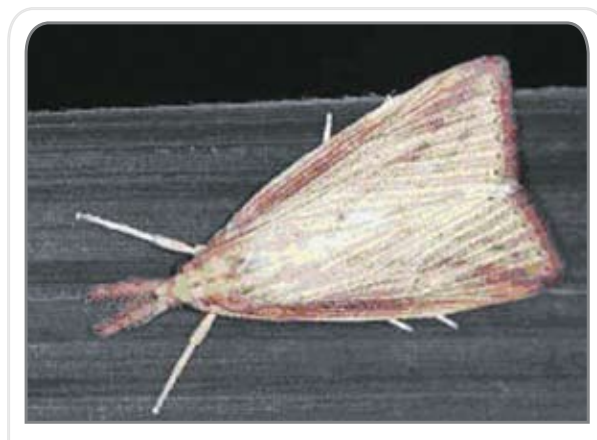


Figura 33. Daño causado por *Diatraea* sp. Larva *Diatraea*

La época crítica de competencia ocurre en las etapas de germinación y macollamiento de la caña.



**Figura 34.** Adulto de *Diatrea* sp.

*Daño e importancia económica:* se considera que la consecuencia más importante del daño causado por *Diatraea* es la reducción de la concentración de sacarosa en los jugos, lo que se traduce en una disminución en el porcentaje de azúcar recuperado. El barrenador del tallo causa tres tipos principales de daño:

- *Cogollos muertos:* por lesión y destrucción de sus puntos de crecimiento, reduciendo el número de tallos por hectárea y produciendo atraso de las plántulas, de preferencia en el período de 1 a 6 meses de edad de la caña.
- *Daño en la semilla asexual:* al perforar y destruir las yemas en el material de siembra, en la edad de semilleros.
- *Perforaciones circulares en los nudos o entrenudos:* con ataques a partir de los seis meses de edad del cultivo hasta el corte. Se reduce sensiblemente el contenido de sacarosa, hay inversión de azúcares, y se facilita la presencia de otros insectos, como el picudo rayado de la caña (*Metamasius hemipterus*), y de enfermedades como el muermo rojo (*Physalospora tucumanensis*) (Corpoica- Sena, 1998).

Además de la disminución del contenido de azúcar, los barrenadores ocasionan pérdidas en tonelaje. Mathes, McCormick y Charpentier (1968) estimaron que las pérdidas en el campo se presentan hasta en un 74% del total, es decir, tres veces las pérdidas que ocurren en el trapiche.

*BPA en manejo y control de la plaga:* el método de muestreo es la base para iniciar el programa de manejo de plagas, ya que determina la confiabilidad de los datos que permiten la toma de decisiones. En la actualidad se emplea con éxito un método basado en la intensidad de infestación: se mide la intensidad de infestación en 20 tallos por hectárea tomados al azar en el momento de la cosecha.

En Colombia, como en la mayoría de los países productores de caña, el control de *Diatraea* se hace aprovechando sus enemigos naturales (Raigosa, 1981; Gaviria, 1990), los cuales se pueden dividir en parásitos de huevos y de larvas. Entre los primeros se encuentra *Trichogramma* spp.; los parásitos de larvas de *Diatraea* son más abundantes, y son en su mayoría de la familia *Tachinidae*; en América se crían y liberan las moscas: cubana (*Lixophaga diatraea*), indígena (*Paratheresia claripalpis* Wulp) y amazónica (*Metagonistylum minense* Townsend). Las moscas taquínidas se liberan a razón de 12 a 15 parejas por hectárea, después de seis meses de edad del cultivo.

El éxito del control biológico de *Diatraea* se debe a los factores siguientes: es un método de acción prolongada, ya que los parásitos repiten su ciclo de vida y eliminan a sus hospederos. No es estático, es decir, los parásitos se desplazan y están biológicamente adaptados para buscar y localizar a sus hospederos, y es de bajo costo, si se considera que su eficiencia es alta.

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. Un parasitoide importante para el control de *Diatraea* es el *Tenenomus* sp. Dentro de este manejo integrado del insecto plaga, se debe velar por la conservación de especies nativas, tales como *Jayneleskia jainessi*.

Otra alternativa de manejo de *Diatraea* que puede ser prometedora es el empleo de variedades resistentes, ya que permite mantener un efecto sobre el insecto plaga en forma permanente, que se transmite a través de mecanismos genéticos.

El empleo de insecticidas para el control del *Diatraea* es poco eficiente y, en consecuencia, no se utiliza.

El control cultural se lleva a cabo mediante las BPA de semilla sana, control de arvenses hospederas, labores agrícolas adecuadas y destrucción de los residuos de cosecha. Se recomienda recolectar larvas de *Diatraea* en corazones muertos.

Las trampas de luz negra facilitan la captura de los adultos que son polillas de color pajizo, blanco o habano; las hembras son de mayor tamaño, son nocturnas y las atrae la luz.

## **El barrenador gigante de la caña de azúcar (*Castnia Licus* Drury)**

### **Lepidoptera: Castniidae**

*Distribución y hospederos:* se encuentra distribuido en América tropical y se considera plaga de importancia económica en la zona norte de Brasil y en Panamá (Gómez y Gaviria, 1984). En Brasil, este insecto redujo en 65% el tonelaje. En cultivos de caña en las zonas paneleras de Santander y Antioquia (Nordeste y Oriente), se han encontrado ejemplares de *Castnia*. Además, ha sido reportado en Ecuador, Perú, Bolivia, Guyana, Venezuela, Costa Rica, México, Surinam y Trinidad.

Entre los hospederos principales figuran la caña de azúcar, algunos pastos tropicales, el coco y la palma africana; también algunas musáceas silvestres y orquídeas.

La hembra deposita los huevos en el suelo cerca de la base de los retoños jóvenes; su forma es alargada y puntiaguda, con aristas longitudinales.

La larva es de una coloración verdosa a rosada – naranja; puede alcanzar hasta 10,5 cm. El adulto es una mariposa diurna, bien robusta, que puede llegar a tener de 3 a 4 cm; en sus alas tiene marcas y dibujos muy notorios (figura 36). Su mayor

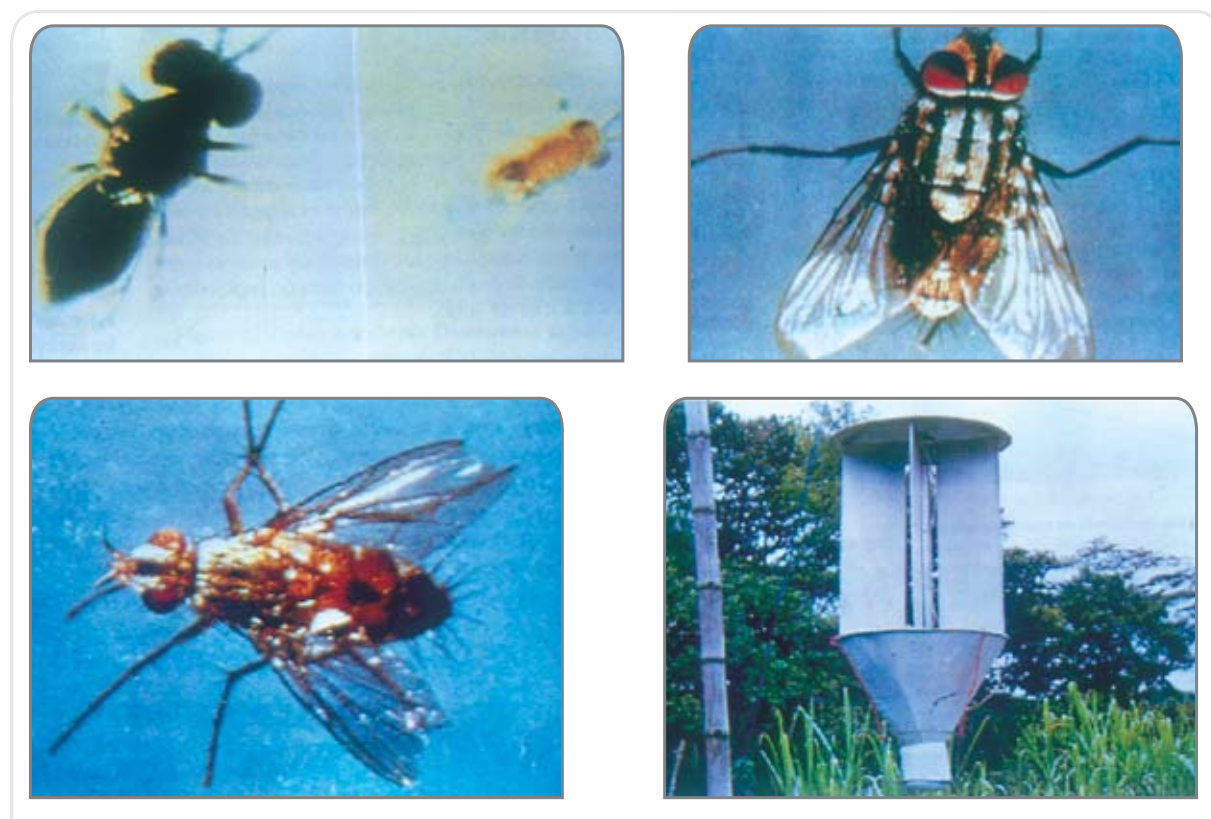
**Todas las prácticas culturales que se realicen a la caña son un buen control de las arvenses.**

actividad la realiza en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde. Durante esta etapa el adulto no se alimenta.

*Daño e importancia económica:* las larvas de este insecto atacan las cepas y los tallos de la planta. Debido a su gran tamaño, estas larvas son capaces de destruir la mayoría del tejido vascular de la parte basal, aun así, el suministro de agua a la parte superior de la planta aparentemente no se afecta, ya que no se observan síntomas externos de marchitamiento. Este hecho hace difícil detectar la presencia de larvas del gusano cabrito en plantas adultas. Por otro lado, se ha observado que la infestación con el insecto es mayor a medida que aumenta el número de cortes de un lote.

En cañas jóvenes, la larva se introduce en los retoños recién brotados, causando su marchitamiento progresivo. En cañas adultas, se presentan galerías profundas de 1 cm de diámetro, que pueden llegar en algunos casos hasta el cogollo. Además de esta sintomatología de daño, se puede afectar también la calidad de los jugos extraídos. Los jugos se fermentan y atraen otros insectos y patógenos.

*BPA en manejo y control de la plaga:* *Castnia licus* permanece la mayor parte del tiempo protegida dentro de las cepas y los tallos, lo que dificulta su control químico y biológico. En Panamá, se tiene la teoría de que el uso de insecticidas destruyó las hormigas predadoras y favoreció la aparición de brotes masivos de esta plaga (Esquivel, 1981). Como medidas generales de control se proponen: la renovación de los lotes afectados y la recolección manual de larvas.



**Figura 35.** *Telenomus* sp. izquierda superior; *Trichogramma* sp., centro superior; *Paratheresia* sp., superior derecha y *Jaynelesquia* sp., inferior izquierda. Abajo a la derecha, trampa de luz para control de insectos plaga *Diatraea* adultos.



**Figura 36.** Larva, adulto, capullo de la larva y daño de *Castnia* sp.

Se han reportado como parásitos de sus larvas la mosca taquinida *Palpozenillia papalis* y otro díptero, el *Emdeninya myersi*.

Conocer los insectos plagas de la caña, su daño y la sintomatología, permite realizar su control.

## Termitas

Las termitas son insectos sociales que se alimentan de tejidos leñosos; su preferencia por estos tejidos en el estado de la descomposición varía de acuerdo con la especie del insecto, hasta el punto de que es posible encontrar algunas especies que se alimentan de tejido vegetal vivo (Harris, 1969).



**Figura 37.** Termita

En el valle geográfico del río Cauca no existe información sobre el daño causado por termitas en caña de azúcar; en algunas áreas paneleras se ha detectado su presencia, pero sin ocasionar daños importantes, y en regiones con altas temperaturas como Codazzi (Cesar) es posible observar termiteros de barro entre los cultivos, los cuales, debido a su consistencia dura, dificultan las labores de mecanización.

En esta misma región también se han encontrado cultivos de caña en todos los estados de desarrollo afectados seriamente por comején.



**Figura 38.** Daño hecho por termitas

El daño de las termitas durante la germinación puede obligar a la resiembra total del lote. En cultivos desarrollados, estos insectos destruyen el sistema radical y perforan completamente los tallos (figura 38), ocasionando una disminución significativa en la producción.

*BPA en control de la plaga:* el control del comején es difícil; se deben destruir los nidos, buscando el insecto reina, para terminar el ciclo de reproducción.

## Gusano cabrito (*Caligo Ilioneus*)

**Lepidoptera: brassolidae**

Durante la fase de infestación, las hembras del gusano cabrito depositan sus huevos en plantas de caña adulta, pero a medida que se establece e incrementa la población del insecto las larvas comienzan a alimentarse de plantas jóvenes, causando defoliaciones apreciables. El adulto es una mariposa relativamente grande, sus alas son de color café en las márgenes y azules hacia el centro (figura 39). Investigaciones realizadas en África y Asia demostraron una significativa disminución del peso de la caña (Bullen y Macuaig, 1969).



**Figura 39.** Larva y adulto de Caligo

Los resultados de laboratorio mostraron que la concentración de azúcar también disminuyó debido a la defoliación. Los insectos comedores de follaje normalmente son afectados por parásitos, que mantienen sus poblaciones en niveles bajos.

*BPA en manejo y control de la plaga:* hay varias alternativas de control que se pueden aplicar en forma sincronizada (Londoño, García y Gómez, 1984): una de ellas es la bacteria *Bacillus Thuringiensis* Nerliner, que es efectiva para el control de

Los insectos plagas  
se constituyen en  
enemigos potenciales  
de la caña y afectan  
su producción y  
rendimiento.

las larvas en todos los estados de desarrollo. Los adultos se pueden eliminar mediante el uso de cebos envenenados que se colocan en los callejones del cultivo con altas poblaciones de insectos adultos.

Existe también un número apreciable de parásitos que destruyen los estados de huevo y de pupa del insecto. En huevos, se ha encontrado un 80% de parasitismo por una avispa muy pequeña llamada *Telenomus*.

### Hormiga loca (*Paratrechina fulva*)

Esta especie, procedente de Brasil, fue introducida a Colombia desde hace más de 20 años, con el propósito de ejercer control sobre hormiga arriera y algunas especies venenosas de serpientes. En el Valle del Cauca, después de reportada esta plaga en 1986, se ha convertido en un problema fitosanitario en cultivos de caña de azúcar, cacao, ornamentales y ganadería, entre otros.



**Figura 40.** Hormiga loca  
Tomado de: [Google stri.discoverlife.org](https://www.google.com/search?rlz=3C1GCEwq_C956466127_1688271875_1688271875_1&stri=discoverlife.org)

*Impacto causado por la hormiga loca:* la importancia económica y el impacto ecológico se manifiestan por la relación simbiótica con otras especies dañinas como los homópteros (pulgones, mosca blanca, escamas) y microorganismos fungosos causantes de fumagina (*Nigrospora* sp., *Tripospermum* sp, *Alternaria* sp.); las hormigas ejercen una acción protectora a los homópteros, favoreciendo un incremento significativo de sus poblaciones. Además, la presencia de esta plaga en una región induce daños a la fauna de vertebrados, atacando aves y animales domésticos en los ojos, fosas nasales y pezuñas, y llegan a causarles la muerte.

### BPA en manejo de la hormiga loca

Una BPA para el manejo de la hormiga loca consiste en la remoción de basuras y desechos de árboles y arbustos. Tener cuidado en el almacenamiento y transporte de insumos.

## Enfermedades de la caña de azúcar

Algunas de las enfermedades que afectan este cultivo han ocasionado grandes pérdidas a la producción en todo el mundo y motivado 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 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 han logrado establecer diferentes tipos de afecciones asociadas con las distintas etapas del ciclo vegetativo de la caña de azúcar (Corpoica- Sena, 1998).

### Enfermedades causadas por hongos

#### Pudriciones de semilla

*Muermo rojo o pudrición roja (Physalospora tucumanensis)*

Se caracteriza por presentar pudriciones rojizas en el interior de la caña (figura 41), las cuales se extienden de acuerdo con las condiciones de humedad. Esta afección se encuentra distribuida en la mayoría de los países productores de caña de azúcar (Corpoica- Sena, 1998); está asociada con el barrenador *Diatraea saccharalis* (Abbt y Bourne).



Figura 41. Muermo rojo

La enfermedad se transmite por las esporas o las hojas que permanecen en el suelo y se desarrolla muy rápido en tiempos fríos y húmedos. El hongo puede ser transmitido por semilla infectada, puede invadir los cortes de los extremos, y ocasionar reducción en la germinación o la mortalidad de los brotes jóvenes.

Los mejores controles de los insectos plagas, en caña, son el cultural y el biológico.

*BPA en el control de la enfermedad:* hacer un buen manejo de la semilla, no causar heridas sobre las yemas y tratar la semilla con fungicidas.

*Mal de piña (Ceratocystis paradoxa de Seynes Moreau)*

Se encuentra distribuida por todo el mundo azucarero. Se presenta una pudrición de color amarillo o anaranjado (figura 42) que se inicia a partir de los extremos de la semilla y, en ocasiones, a partir de las yemas, principalmente cuando la semilla ha sufrido daños. La pudrición de las raíces afecta inicialmente las raicillas secundarias de las plántulas, y puede afectar las primarias, dependiendo de las condiciones del clima, produciendo en ocasiones su muerte (CORPOICA- Sena, 1998). El control es similar al recomendado para el muermo rojo.



**Figura 42.** Mal de piña

## **Lesiones foliares**

*Mancha de anillo (Leptosphaeria sacchari)*

Es una enfermedad foliar muy común en nuestro medio que no alcanza niveles perjudiciales. Inicialmente, las manchas son rojizas y pequeñas y luego aumentan su tamaño; el centro de la lesión toma un color pajizo o ceniza característico, rodeado por un anillo café rojizo (figura 43).

Las manchas se presentan en la parte apical de las hojas más viejas, pueden cubrir en su totalidad el área foliar de dichas hojas y tornarse ascendentes hacia el cogollo.

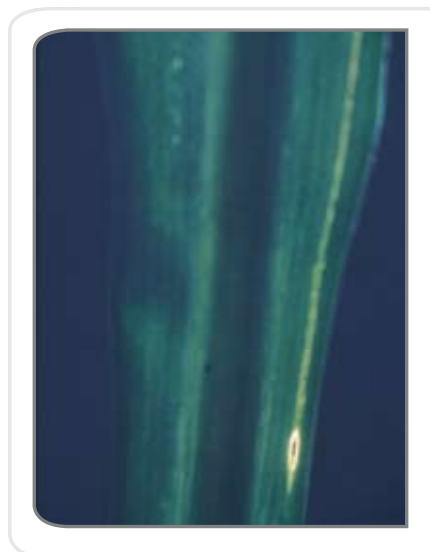
Un pobre desarrollo de las plantas ocasionado por no aplicar BPA en el manejo de la fertilidad del suelo, o por suelos arenosos y pedregosos favorece el desarrollo de la enfermedad. La enfermedad no es considerada de importancia económica (Corpoica - SENA, 1998).

*Mancha de ojo (Bipolaris sacchari)*

El hongo produce lesiones que se caracterizan por presentar inicialmente un centro rojizo, con un halo amarillento bien marcado. Las lesiones se pueden extender en forma longitudinal y afectar grandes áreas de la lámina foliar (figura 44).



**Figura 43.** Mancha de anillo (patronaje)



**Figura 44.** Mancha de ojo

La mancha de anillo y la mancha de ojo se han encontrado asociadas atacando a variedades como la CO 421 y la POJ 27-14 (Corpoica - Sena, 1998).

*Pokkah boeng o cogollo retorcido (Gibberella moniliformis)*

El primer síntoma consiste en el desarrollo de una clorosis hacia la base de las hojas jóvenes, seguida por retorcimiento, malformación y reducción de las hojas afectadas (figura 45). En algunas áreas cañicultoras estos síntomas se encuentran acompañados por una pudrición severa del cogollo y muerte de la planta. La mayor incidencia de la enfermedad se observa en plantas de cuatro a seis meses de edad y en las variedades CP 57603 y PR 61632.



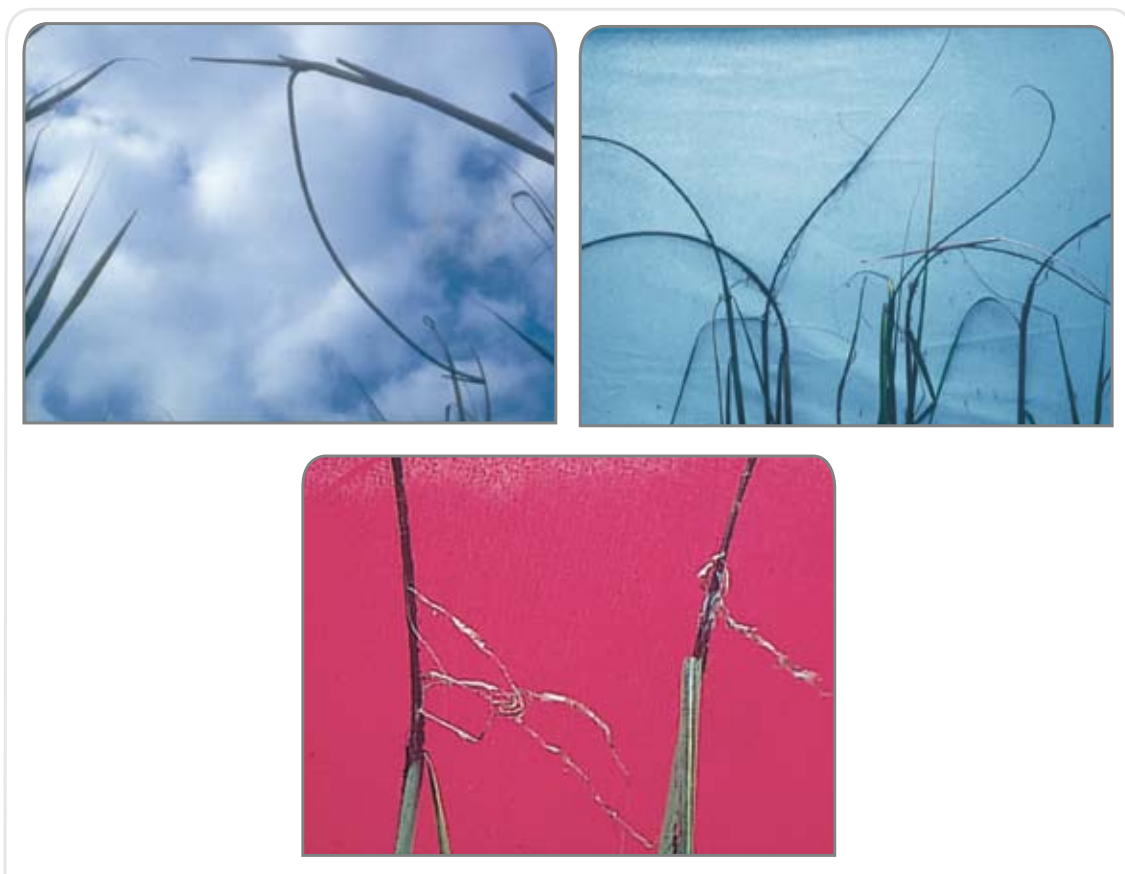
**Figura 45.** Cogollo retorcido

Las enfermedades  
en la caña, revisten  
gran importancia  
económica.

Es más notoria, además, cuando a un tiempo seco le preceden períodos con condiciones de alta humedad relativa producida por permanentes lluvias (Corpoica - Sena, 1998).

*Carbón (*Ustilago scitaminea*)*

El síntoma característico de la afección lo constituye la formación de una estructura semejante a un látigo en la parte terminal de los tallos afectados; también se puede observar la formación de lalas y éstas terminan en la formación del látigo (figura 46).



**Figura 46.** Látigos característicos del carbón

Los látigos pueden tener una longitud que varía desde pocos centímetros a más de un metro, ser erectos o ligeramente curvados, y los muy largos pueden tomar una forma de rizo. Además, puede ocurrir la formación de brotes herbáceos constituidos por la presencia de 25 o más brotes por cepa infectada, sin producción de tallos molibles.

La severidad de los ataques del hongo y las pérdidas económicas ocasionadas pueden ser insignificantes o alcanzar niveles bastante graves. Las pérdidas en socas son mayores (hasta el 70%), en relación con las producidas en las plantillas (hasta el 29%).

En los tallos afectados por carbón se incrementa la inversión de sacarosa a azúcares simples (glucosa y fructuosa).

En Colombia la enfermedad se ha presentado con mayor severidad en las variedades: B 49-119, CP 57-603, MZC 74-275, CO 419 y CO 421.

**BPA de control:** la forma más efectiva para controlar el carbón de la caña consiste en la siembra de variedades resistentes, entre las cuales sobresalen PR 61-632, PR 11-41, POJ 28-78 y RD 75-11, materiales de buen comportamiento en zonas paneleras (Corpoica- Sena, 1998).

Estudios reportados por Cenicaña en 1990 determinaron que el carbón de la caña de azúcar ha sido una enfermedad de lenta distribución, diseminación e incremento en Colombia.

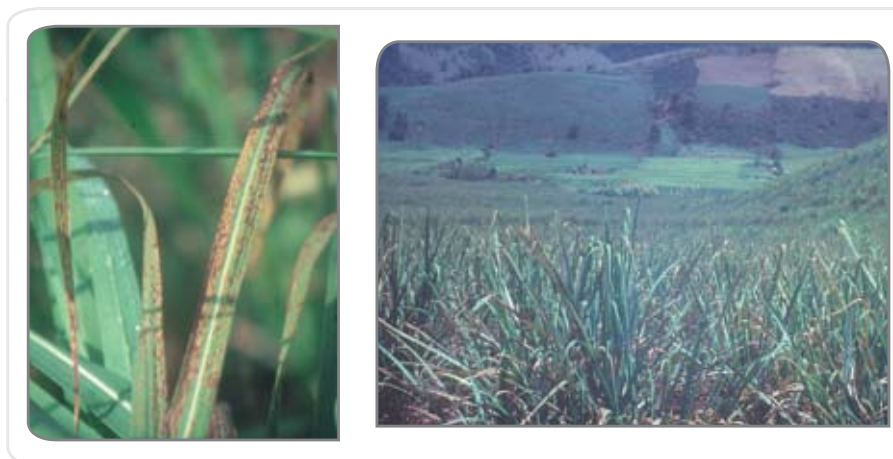
#### *Roya (Puccinia melanocephala)*

Se encuentra distribuida por todos los países del área del Caribe. En Colombia se ha encontrado en el valle del Zulia, Codazzi, Valle del Cauca y Antioquia.

La roya 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 confundir fácilmente con un desorden genético llamado pecas genéticas. Las manchas, al aumentar de tamaño, toman un color herrumbroso y se rodean de un halo amarillo pálido (figura 47). Las lesiones forman pústulas en el envés de la hoja. Al ocurrir la rotura de la epidermis, se liberan masas de esporas de color anaranjado, las cuales son fácilmente diseminadas por el viento a grandes distancias.

Cuando el ataque es severo, las lesiones se pueden unir y formar grandes áreas o secciones de color rojizo oscuro, llegando a producir el secamiento de las hojas. Después de los seis meses de edad, las plantas se recuperan. No se conoce información precisa sobre las pérdidas físicas ocasionadas por la roya; en algunos países la consideran sin importancia. Sin embargo, en Cuba la responsabilizan de pérdidas de 1.300.000 toneladas de azúcar durante 1980.

El mejor control de las plagas y enfermedades en caña es el cultural, con variedades resistentes.



**Figura 47.** Daño de la roya en la caña

En Antioquia se reportó afectando la variedad CP 57-603 en el occidente, municipio de Frontino. En la Hoya del río Suárez en las variedades POJ 27-14, MZC 74-275 y CP 57-603. La mejor medida de control la constituye el uso de variedades resistentes como POJ 28-78, PR 61-632 y RD 75-11 (Corpoica- Sena, 1998).

## Enfermedades causadas por bacterias

### Raquitismo de la soca (R.S.D.) *Clavibacter xyli* subsp. *Xyli davis* y otras



**Figura 48.** Raquitismo de la soca

Esta enfermedad ha sido registrada como una de las más importantes en los países productores de caña de azúcar, por causar grandes pérdidas económicas. En Colombia se reportó por primera vez en 1945.

Los síntomas de la enfermedad varían de acuerdo con las condiciones ecológicas, la variedad, el número de socas, la edad de las plantas, etc. En general, las plantas afectadas sufren retardo en el crecimiento, tienden a disminuir el número de tallos por cepa, y los tallos son más cortos y delgados (figura 48). Las deficiencias nutritivas y las sequías pueden producir síntomas similares, sobre todo la sequía reduce el largo del entrenudo.

La enfermedad reduce gradualmente el rendimiento a medida que aumenta el número de socas. La variación de las pérdidas en el rendimiento ocurre de acuerdo con la variedad, la ecología de la zona y el grado de afección. En general, se asume que el raquitismo de las socas reduce el rendimiento entre un 15 y un 30%.

En el Valle del Cauca, en el año 1988, se observó un incremento del raquitismo en las variedades PR 61-632, POJ 28-78 y MZC 74-275.

Las principales BPA de control de la enfermedad consisten en emplear semilla sana, prevenir la diseminación y usar variedades resistentes. La semilla libre de la enfermedad se logra mediante el tratamiento del material de caña con termoterapia (agua caliente a 50° C por dos horas). También se recomienda desinfectar las herramientas utilizadas en el corte y cosecha de la caña (Corpoica- Sena, 1998).

## Enfermedades causadas por virus

### Mosaico (SCMV)

Antes conocido como rayado amarillo, se halla difundido en todos los países productores de caña de azúcar a nivel comercial. El mosaico fue calificado como la enfermedad más seria en África Oriental. En 1920 apareció en Trinidad, causando gran alarma.

En 1933 fue reportada en variedades criollas altamente susceptibles en las riberas del río Cauca y en Antioquia. En 1978 la reportaron algunos ingenios azucareros en la variedad CP 57-603 debido al incremento de siembras con esta variedad por esta época. En la hoya del río Suárez el virus del mosaico se reportó en la variedad Apta 8.

El mosaico se caracteriza por los síntomas que aparecen en el follaje. Sus daños consisten en la destrucción de la clorofila, y en las hojas afectadas se observan zonas verdes oscuras alternando con zonas cloróticas (figura 49).



**Figura 49.** Virus del mosaico de la caña.

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 la raza del virus y de las condiciones ecológicas. Las pérdidas pueden variar entre 2,5 y 33,4%.

Las BPA de control del mosaico son las medidas más difíciles de ejecutar con éxito. Los sistemas más comunes son: eliminación de plantas enfermas, uso de semilla libre de la enfermedad, siembra de variedades resistentes y buenas prácticas de cultivo. La eliminación de plantas enfermas es una práctica costosa por el número de jornales que requiere.

El agente causal del mosaico es sensible a temperaturas perjudiciales para la semilla, razón por la cual es difícil establecer lotes con semilla libre de enfermedades mediante tratamientos con termoterapia.

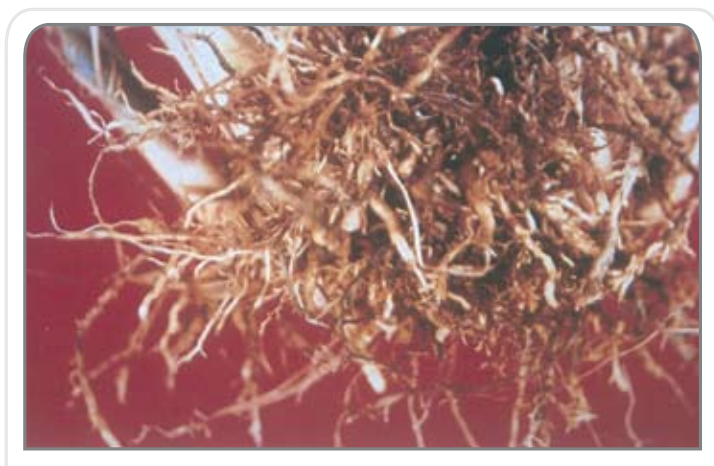
Las variedades altamente resistentes al mosaico y que se cultivan en las zonas paneleras son la POJ 28-78 y la POJ 27-14; y las resistentes son CO 419, CO 421, PR 61-632, PR 11-41 y RD 75-11 (Corpoica - Sena, 1998).

### **Daño causado por nemátodos**

Los nemátodos, fitoparásitos de la caña de azúcar, se encuentran ampliamente distribuidos en las zonas cañeras del mundo. En el Valle del Cauca se ha encontrado que los más altos grados de frecuencia de nemátodos en las muestras son el *Tylenchorhynchus*, *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp.

El daño se presenta en el sistema radical por lesiones necróticas y destrucción de las raicillas secundarias. Igualmente, *Meloidogyne* spp. y *Radopholus* spp. pueden afectar las raíces al producir agallas o nudosidades. Como consecuencia del daño, las plantas presentan un follaje clorótico, tallos delgados y

más cortos, y, finalmente, se marchitan durante los períodos de sequía (figura 50). Se han registrado reducciones en los rendimientos superiores al 25%. Como BPA se recomienda una buena fertilización orgánica.



**Figura 50.** Daño causado por nemátodos



# Cosecha, poscosecha y producción de panela

## 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. La edad de cosecha, o período vegetativo del cultivo, depende 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.

En regiones paneleras ubicadas entre los 800 y 1.500 m.s.n.m., el brix o concentración de sólidos solubles en el jugo, puede variar en épocas de lluvia entre 17 y 19° Brix y, en épocas secas, entre 19 y 22° Brix.

De 0 a 600 m.s.n.m. la caña madura entre los 11 y 12 meses; de 600 a 1.200 m.s.n.m., madura entre los 12 y 15 meses, y de 1.200 a 1.600 m.s.n.m., alcanza la maduración entre los 14 y 18 meses. Desde luego, hay que tener en cuenta la variedad de caña.

El momento de cosechar debería establecerse cuando se alcance el punto de máximo rendimiento, y éste coincidir con el punto de madurez (García, 2004). La mayoría de los productores 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.

*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; madura, entre 0,95 a 1 y sobremadura, mayor de 1.

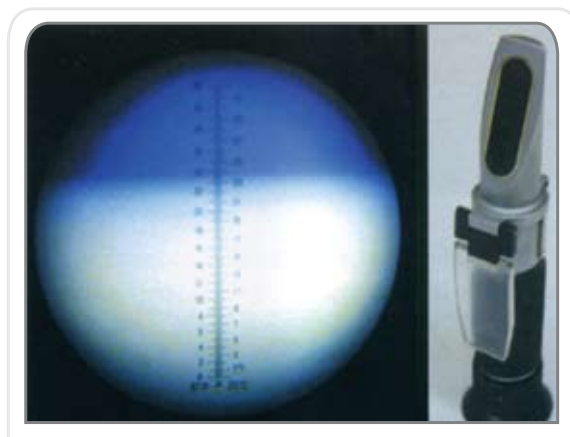


Figura 51. Refractómetro

## Condiciones de producción, corte, alce y transporte que favorecen las BPM

Un buen manejo agronómico, desde los sistemas de siembra, pasando por el control de arvenses, hasta el sazonado de la caña, es fundamental en la calidad del producto final.

Para lograrlo es necesario:

- Seleccionar la variedad de caña de acuerdo con las condiciones agroecológicas de la finca.
- Analizar el suelo para cultivar a fin de obtener un adecuado balance de los nutrientes y un correcto programa de fertilización
- Sembrar cada variedad a la distancia y densidad convenientes para optimizar su desarrollo
- Controlar en forma oportuna las arvenses para evitar la competencia por los nutrientes, la luz, el agua y el espacio
- Cortar la caña cuando alcance la madurez adecuada o sazónada: cañas maduras con alto contenido de sacarosa (índice de madurez entre 0,95 y 1,00) y un brix de jugo mayor a 19.
- Cortar el cogollo a la altura apropiada para no llevar tallos inmaduros al trapiche; la caña debe estar limpia y libre de hojas en el momento de molerla.
- El transporte en equinos se debe realizar con angarilla y no en rastra, para evitar que se ensucie y deteriore la caña
- El apronte, acopio o almacenamiento de la caña se realiza en un sitio seco y sombreado; se debe acomodar de tal forma que se pueda moler en el mismo orden en que se va cortando, para disminuir la inversión de la sacarosa
- Cuando la caña se encuentra madura o sobremadura no se debe almacenar por más de tres días (Prada, 2002).

### Sistemas de corte

#### Corte por entresaque o desguíe

Se cosechan los tallos maduros, y se dejan en la cepa los otros (inmaduros) hasta que alcancen la madurez. La frecuencia de corte en este sistema depende, entre otros, de la intensidad del entresaque (tamaño de los tallos sin cortar) y de la capacidad de la cepa para producir nuevos tallos (de la variedad caña, la fertilidad del suelo, y las prácticas culturales). Este sistema es muy empleado por los pequeños productores.

*Ventajas y desventajas del corte por entresaque o desguíe*

#### Ventajas

- Es un sistema adecuado para áreas pequeñas en donde el agricultor sólo utiliza la caña como medio de subsistencia.
- En lotes con pendientes muy fuertes y erosionables es bueno ambientalmente por la protección que le brinda al suelo.
- En entresaques bien hechos, la calidad y los rendimientos en panela son muy buenos.

#### Desventajas

- La principal desventaja del corte por desguíe es la disparidad de la maduración y la concentración de los sólidos solubles en los tallos.

- Requiere mayor distancia de siembra para permitir la entrada de la luz a la base del tallo y, así, favorecer la germinación permanente.
- En el corte se dificulta el transporte de la caña, la cual debe ser sacada al hombro para evitar que las mulas dañen los tallos que quedan.
- Al realizar el corte se pueden dañar los tallos que quedan en la planta y que aún no están maduros.
- Es difícil hacer el corte a ras del suelo, quedando tocones que dañan la cepa (pudrición en invierno) y atraen insectos plagas.
- No hay época adecuada para la aplicación de fertilizantes, debido a los diferentes estados de desarrollo en que se encuentran los tallos.
- La mayor distancia de siembra favorece el desarrollo permanente de arvenses.
- A veces se entresacan tallos con diferente maduración, lo que daña el rendimiento y la calidad de la panela.
- Los rendimientos en caña (40 t/ha) y panela (4 t/ha) son muy bajos.
- Se requiere mayor cantidad de mano de obra.
- No se pueden hacer prácticas culturales de renovación adecuadas.
- En general, se dificulta el apronte.

### Corte por parejo

Este sistema se utiliza en cultivos tecnificados y siembras comerciales, donde se realiza la siembra a chorrillo y el crecimiento de los tallos es uniforme y maduran a la misma edad. El corte implica todos los tallos presentes en el lote (García, 2004).



**Figura 52.** Corte de la caña

El punto de maduración o punto óptimo de corte de la caña depende de la variedad, los factores agroecológicos y la tecnología aplicada.



**Figura 53.** Corte por parejo

## El beneficio

El beneficio incluye el conjunto de operaciones tecnológicas posteriores al corte de la caña que conducen a la producción de panela en el siguiente orden: apronte, extracción, prelimpieza, clarificación y encalado; evaporación del agua y concentración de las mieles, punteo y batido, moldeo, enfriamiento, empaque y embalaje.

### Apronte

Corresponde al conjunto de operaciones: corte, alce y transporte (CAT) y almacenamiento de la caña en el trapiche.

El tiempo del apronte 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, pues al sobrepasar este tiempo se presentan aún mayores incrementos en los contenidos de azúcares reductores, lo cual afecta la eficacia del proceso de limpieza y se obtendrá una panela de consistencia excesivamente blanda (panela seruda). En cualquier condición, es recomendable almacenar la caña bajo techo para protegerla del sol (García, 2004).



Figura 54. Apronte de la caña

La caña se debe acopiar sobre pisos en cemento.

## Proceso de elaboración de la panela

Las operaciones tecnológicas posteriores al corte de la caña que conducen a la producción de la panela se relacionan a continuación:

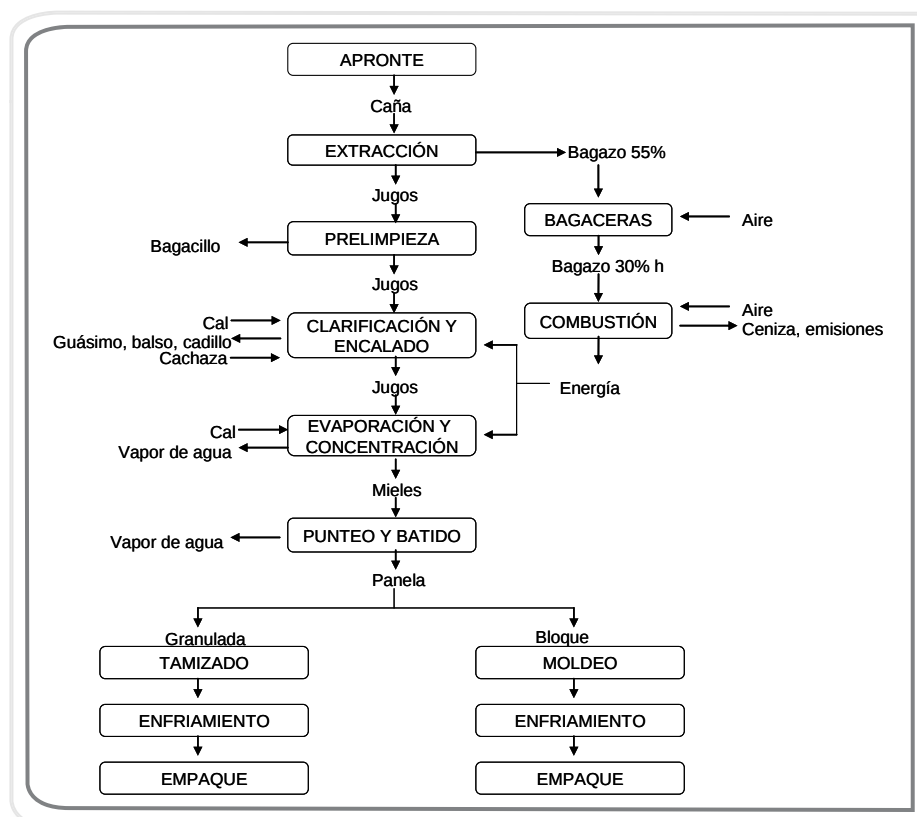


Figura 55. Proceso tecnológico producción de panela  
Fuente: García, 2006. Corpoica. Programa procesos agroindustriales

La producción de tallos y la concentración de los azúcares en la caña dependen de la variedad, el período vegetativo y las condiciones físicas en que se desarrolla el cultivo.

## Molinos para la operación de extracción de jugo crudo de caña

En la primera mitad del siglo XX, algunas empresas metalúrgicas nacionales como Penagos Hermanos, de Bucaramanga, y Apolo y Amagá, de Medellín, comenzaron a fabricar modelos colombianos.

En Colombia se calcula que existen unos 18.000 trapiches, de los cuales una tercera parte debe poseer molinos accionados por animales, equinos de labor, principalmente. Estos molinos fueron diseñados a partir de los modelos marca Chattanooga, importados de los EE. UU., los cuales se caracterizan porque sus rodillos se encuentran en posición vertical. Existen dos modelos: uno para ser accionado por un solo animal, con capacidad para moler unos 120 kilos de caña por hora, y otro para ser accionado por dos animales y donde se pueden moler entre 150 y 200 kilos de caña por hora.

Estos equipos se encuentran en regiones de colonización, donde los productores los emplean para producir panela para comunidades pequeñas, con un mercado reducido y que no requieren para su uso combustibles a base de petróleo. También se usan en regiones de minifundio, atrasadas económica y tecnológicamente (García, 2004).

Otras empresas, que inicialmente fabricaban piezas para reposición de los equipos importados, empezaron a desarrollar sus propios modelos. Entre otros, se encuentran: Talleres Hakspiel, de Bucaramanga; Metalagro El Panelero, de Nocaima, e Industrias Metalúrgicas GERREY, de Pacho, y Tornometal que inició en Villeta y se trasladó a FUNZA, todas estas últimas en Cundinamarca; la Campana y el Cóndor, en Moniquirá, y, recientemente, se estableció Fundymaq, en Barbosa.

Algunas de las fábricas mencionadas anteriormente han desaparecido, y otras sólo producen por encargo. Sin embargo, algunas se han fortalecido y en este momento se deben producir entre 250 y 400 molinos por año, que satisfacen plenamente el mercado nacional a unos precios acordes con su calidad, y compiten bien en los mercados internacionales (García, 2004)

La selección de los molinos comerciales se hace, como para todos los equipos del trapiche, teniendo en cuenta la capacidad de la planta, la cual debe estar directamente relacionada con la producción de caña en la finca y la programación de moliendas.

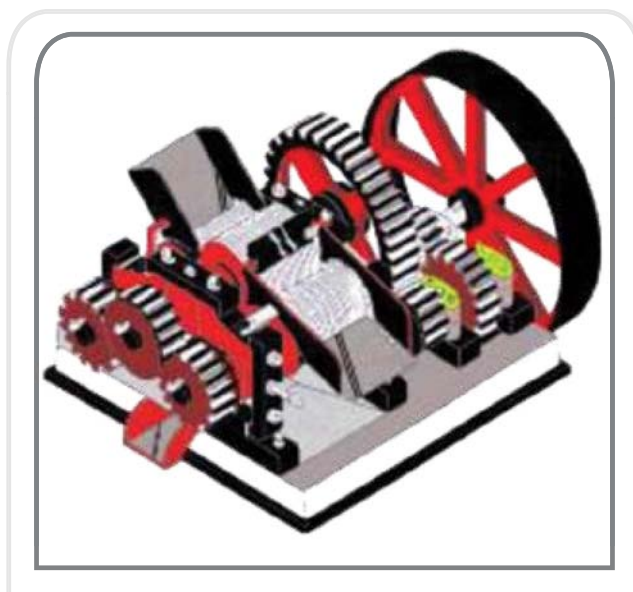
### Clasificación de los molinos paneleros

En la industria panelera se encuentran dos tipos de molinos, a saber: verticales y horizontales. Su nombre proviene de la disposición de las mazas o rodillos.

En la figura 58 se muestra un despiece isométrico de un molino horizontal con características generalizadas de esa máquina. La potencia del motor se recibe a través de la polea o volante, identificada con el número 20 en la lista de la figura. Posteriormente se transmite a la maza mayal o superior (10), por medio de dos pares de engranajes (17 y 18) que reducen la velocidad. Las mazas quebradora (5) y repasadora (14) reciben el movimiento por medio de piñones (2), puestos en los extremos de los ejes.



**Figura 56.** Molino vertical



**Figura 57.** Molino horizontal de tres mazas con transmisión incorporada en la misma base

Las tres mazas van montadas sobre cojinetes planos (4) contruidos en bronce, los cuales se soportan sobre bastidores o cureñas (6), que van instaladas sobre la base del molino (1).

La caña se conduce por el portacajas (8) hacia el par conformado por la maza mayal y la quebradora, y se realiza la primera extracción. La abertura, o distancia entre mazas, se regula mediante los tornillos de calibración (7) (Sandoval, 1992).

### Generadores de potencia

Los generadores de potencia que se conocen en la industria panelera son:

- Motores de combustión interna (diesel o gasolina)
- Motores eléctricos
- Rueda hidráulica
- Tracción animal
- Fuerza humana

El empleo de cada uno de ellos está determinado por las condiciones socioeconómicas de cada región y por el tamaño de las explotaciones.

*Los motores de combustión interna o diesel:* son los más utilizados. El uso de motor de gasolina no es muy generalizado, debido a que son de alta velocidad de rotación y bajo torque.

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.

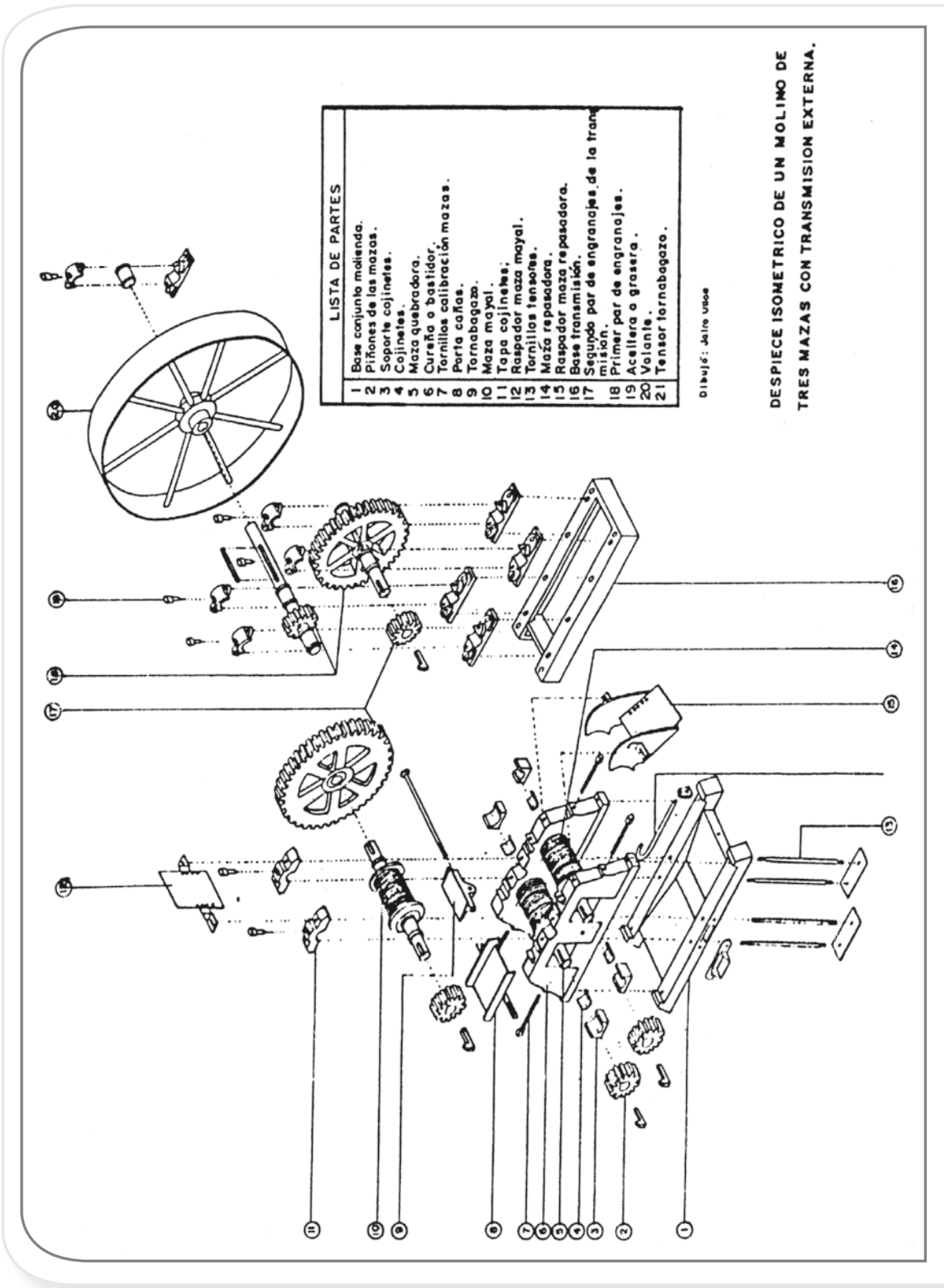


Figura 58. Despiece isométrico de un molino de tres mazas con transmisión externa.

Normalmente en los trapiches se emplean motores de combustión interna, diesel principalmente, y la mayor parte marca LISTER.

*Los motores eléctricos:* son máquinas que transforman la energía eléctrica en mecánica. Son silenciosos y pueden soportar sobrecargas hasta del 20%.

*La rueda hidráulica:* tiene la ventaja que la energía no tiene ningún costo para el usuario, pero los costos iniciales de la infraestructura son elevados; además, el suministro de agua no es constante.

*El uso de la tracción animal:* está limitado a los molinos verticales; y su empleo, a explotaciones pequeñas.



**Figura 59.** Molino tirado por bestia

*La fuerza humana:* se utiliza en algunos casos para accionar pequeños molinos que extraen el jugo de la caña para consumo como bebida (Sandoval, 1992).

### **Tamaño del molino panelero**

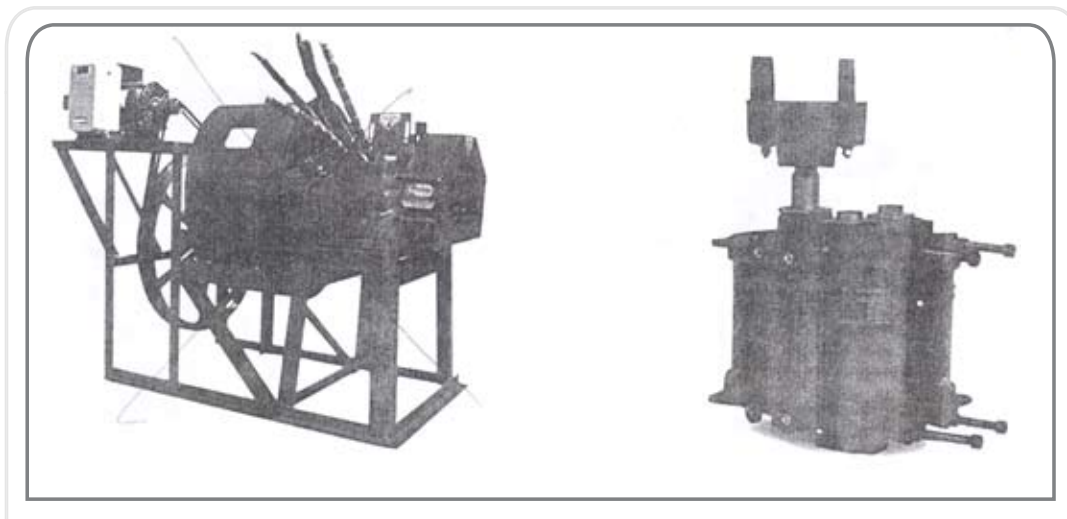
El tamaño de los molinos se define por las dimensiones de las mazas, principalmente de la mayal o superior. En Colombia, esas medidas se expresan en el sistema inglés de unidades. Por ejemplo, un molino de tamaño 10 x 12 significa que la maza mayal tiene 10 pulgadas de diámetro y 12 de longitud.

### **Montaje del molino panelero**

El molino panelero se debe instalar en la parte más alta del terreno donde se construye el trapiche para facilitar el desplazamiento de los jugos por gravedad, así como la difusión del calor y los gases. La distancia entre el eje del motor y el eje de la volante del molino, cuando se utilizan motores de combustión interna y correas planas, debe ser de unos 3 a 4 metros; mediante un hilo se debe alinear perfectamente la polea del motor con la volante del molino. Así mismo, el portacaña debe ubicarse mínimo a un metro de altura sobre el piso.

**El beneficio de la caña incluye:**  
apronte, extracción,  
prelimpieza,  
clarificación,  
evaporación y  
concentración, punteo  
y batido.

El molino y el motor deben poseer bases separadas. El concreto de la base incluye la mezcla de una parte de cemento por dos de arena y tres de triturado. Al momento de fundir cada base se debe cuidar de nivelar la base guarapera del molino, poniendo el nivel sobre los asientos de las cureñas.



**Figura 60.** Trapiche de motor No. 13 (izquierda) y Trapiche de bestia 3 mayales (derecha)

### **Operación del molino panelero**

La operación del molino se debe hacer de tal forma que no se trabe ni sufra desgaste innecesario y se asegure un flujo de jugo crudo lo más constante posible. Para ello se debe tener en cuenta lo siguiente:

El molino se debe alimentar con cantidades de caña proporcionales al tamaño de la bandeja de alimentación. Si los tallos de caña tienen un diámetro demasiado grande o curvo, se debe disminuir la cantidad de caña de alimentación y mezclar cañas curvas con rectas para evitar que el molino se trabe.

El molino se debe alimentar con la mayor frecuencia posible y, para ello, los operarios deben encontrar un ritmo que se pueda mantener durante el tiempo que dure la molienda. Al meter varias cañas al molino se debe procurar que no entren todas las puntas al tiempo ni queden muchos nudos en línea (García, 2004).

### **Mantenimiento del molino panelero**

El mantenimiento del molino es de gran importancia para prolongar su vida útil, mantener la producción en planta y no sobreesforzar el motor. Antes de poner en funcionamiento el molino se debe verificar que todas las tuercas y tornillos estén ajustados.

- Mantener limpio el equipo para disminuir el consumo de potencia y evitar la corrosión por la acción de los jugos; al final de la molienda, aplicar una lechada de cal.
- Mantener cubiertos los engranajes del molino.
- Lubricar los engranajes del molino con valvulina SAE 140.
- Lubricar las chumaceras de los ejes con aceite SAE 50.

- Observar permanentemente los depósitos de aceite.
- Por ningún motivo se debe usar aceite quemado.
- Medir con cierta regularidad la extracción del molino.

## Operación y mantenimiento del motor diesel

La manera de poner en marcha y parar el motor hace parte del mantenimiento.

*Suministro del combustible:* El tanque debe llenarse por medio de un colador fino.

*Lubricación:* para temperatura ambiente de 25° C debe usarse aceite de viscosidad SAE 20/20 W. Antes de prender el motor, hacer lo siguiente:

Abrir el cárter y llenar la cubierta (está debajo de la biela de aceite).  
Aplicar aceite al agujero en la cabeza de la biela.

En orificio llenador de aceite, llenar colector hasta 12 mm antes del orificio.  
Llenar el engrasador del árbol de balancines.

### *Arranque y parada*

- Comprobar el nivel de aceite, combustible y agua antes de arrancar.
- Asegúrese que el sistema de combustible esté cebado, cuando el motor se prende por primera vez.
- Observe el funcionamiento de la bomba de aceite.
- El agua de enfriamiento debe estar circulando para la parada del motor.
- El motor no se debe parar cortando el paso del combustible (García, 2004).

## Rutina de mantenimiento de motor diesel

Cuando el motor está en uso continuo, diariamente:

- Compruébese la cantidad de combustible.
- Compruébense las fugas de aceite, agua y combustible.
- Compruébense el nivel y estado del aceite lubricante.
- Compruébese el aceite alrededor de los vástagos de las válvulas.
- Gírense los engrasadores de compresión.
- Compruébense la circulación y la temperatura del agua.
- Comprobar el humo de escape.
- Comprobar la circulación del aceite lubricante.

### *Cada 100 horas*

- Limpiar el filtro de aire.
- Comprobar que todas las tuercas estén apretadas.

**El tiempo de apronte debe ser lo más corto posible, para evitar la aceleración en el desdoblamiento de la sacarosa (glucosa – fructuosa)**

*Cada 250 horas*

- Aplicar una gota de aceite al eslabonado del regulador y a la ventana lateral de la bomba de combustible.
- Lubricar la maquinaria auxiliar.
- Secar los inyectores de combustible y comprobar el surtidor o pulverizado de combustible.

*Cada 500 horas*

- Limpiar el filtro de combustible.
- Palpar la manguera del agua.
- Ajustar la luz de las válvulas.
- Cambiar el aceite del motor.
- Limpiar el colador del aceite lubricante.

*Cada 1.000 horas*

- Descarbonar el motor.
- Esmerilar las válvulas.
- Si se cambia la punta de la cabeza del cilindro, comprobar la luz del pistón.
- Limpiar el colector de admisión y el caño de escape.
- Comprobar si hay incrustaciones en el agua.
- Comprobar la libertad de movimiento del eslabonado del regulador.
- Sacar los sedimentos del tanque de combustible.
- Limpiar tanques de combustible y agua.
- Cambiar filtro de combustible.
- Comprobar las TOBERAS de los inyectores en cuanto a obstrucciones o desgaste del orificio.
- Inspeccionar los cojinetes de la cabeza de la biela y los cojinetes principales (García, 2004).

## **Contenido de fibra de la caña**

El contenido de fibra determina en gran parte el grado de dureza de la caña y depende, entre otros factores, de las prácticas de cultivo, de las condiciones ambientales, del grado de madurez y, principalmente, de la variedad.

La fibra no afecta la capacidad cuando la potencia disponible no tiene limitaciones. En el sector azucarero se ha propuesto que la potencia se calcule con base en las toneladas de fibra que pasan por el molino, por unidad de tiempo, en lugar de las de caña (Hugot, 1982).

## **Velocidad**

La velocidad de las mazas influye directamente sobre la productividad y vida útil de la máquina, y es la única variable que incide sobre los tres parámetros de desempeño (capacidad, extracción en peso y consumo de potencia) de los molinos paneleros. La velocidad se puede expresar como velocidad de rotación de las mazas, y expresa el número de vueltas o revoluciones que da la maza mayal en un minuto (r/min).

La capacidad y la potencia requerida varían proporcionalmente con la velocidad y la extracción en forma inversa.

En las evaluaciones de trapiches realizadas por CIMPA, se encontró que los molinos de la mayoría de las zonas paneleras están operando con velocidades altas, hasta de 16 y 20 m/min. Con una velocidad alta se obtiene mayor capacidad de molienda y potencia requerida, pero se disminuye la extracción. También ocasiona un mayor desgaste de engranajes y cojinetes. Una velocidad de rotación muy baja causa pérdidas de tiempo e incrementos en el torque, lo cual puede ocasionar ruptura de los engranajes y de los ejes.

Haciendo análisis de alternativas, se encontró que cuando la velocidad de las mazas de los molinos fluctúa entre 6 y 8 m/min, se obtienen buenos niveles de extracción, sin sacrificar la capacidad de molienda en forma significativa y sin aumentar la potencia requerida (Sandoval, 1992).

**Tabla 20.** Trapiches de motor

| MODELO                    | 16     | 15    | 14    | 13     | 12D   | 3D      | 4D      | 11D   | 10½   | 10D   | 9D    |
|---------------------------|--------|-------|-------|--------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| Capacidad de caña k/h.    | 250    | 330   | 600   | 860    | 1.100 | 1.200   | 1.500   | 1.600 | 2.000 | 2.300 | 2.600 |
| Velocidad recomendada RPM | 15-18  | 15-18 | 13-15 | 13-15  | 11-13 | 11-13   | 10-12   | 10-12 | 8-10  | 8-10  | 8-10  |
| Producción panela k/h     | 25     | 33    | 60    | 86     | 110   | 120     | 150     | 160   | 200   | 230   | 260   |
| Potencia Diesel           | 4      | 4     | 6     | 8      | 10    | 12      | 16      | 16    | 16    | 20    | 24    |
| HP Eléctrico              | 3      | 3     | 5     | 7 ½    | 10    | 12      | 16      | 18    | 18    | 25    | 30    |
| Power HP Gasolina         | 5      | 8     | 10    | 16     | -     | -       | -       | -     | -     | -     | -     |
| Diámetro x largo útil     | 5 1/8" | 6"    | 6 ½"  | 7 3/8" | 8 ½"  | 8"      | 9 ¾"    | 10 ½" | 12"   | 12 ½" | 14"   |
| Maza mayal                | 5"     | 5 ½"  | 6"    | 7"     | 8 ½"  | 10 1/8" | 11 3/8" | 10 ½" | 11 ½" | 12 ½" | 16 ¼" |

Fuente: J.M. Estrada – Ferretería Amaga

### Abertura de entrada (Ae)

La apertura de entrada es la distancia que existe entre las superficies de las mazas del par quebrador.

En trabajos de investigación realizados por el ICA se encontró que, para valores de apertura de entrada entre 7 y 15 mm, no existe efecto de esta variable sobre la extracción, pero sí sobre la capacidad y la potencia requerida.

El incremento en capacidad, con el aumento de la abertura, se debe a que se facilita la entrada de la caña al molino. Hay que guardar proporción entre la abertura de entrada y el diámetro de la caña: se recomiendan aberturas de entrada entre 11 y 15 mm, guardando proporción con el diámetro de las mazas y de la caña (figura 61).

**Es recomendable almacenar la caña bajo techo para protegerla del sol y evitar la deshidratación.**

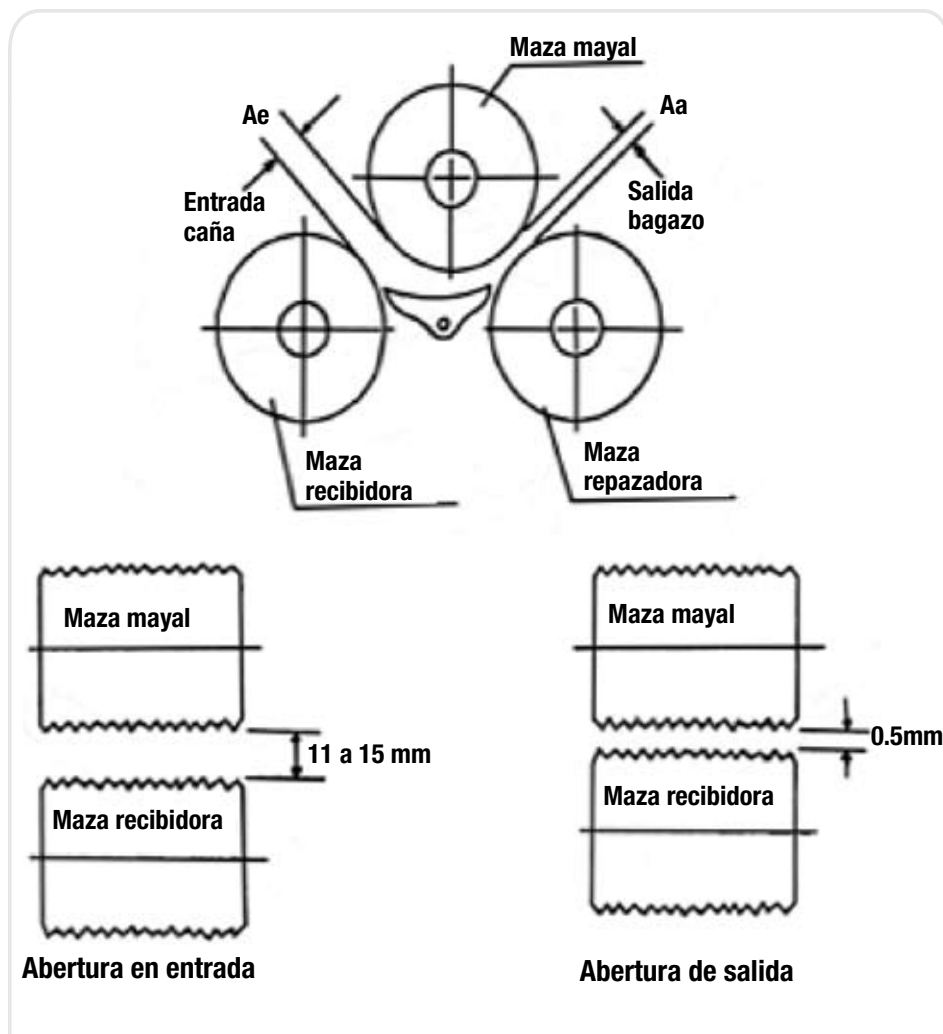


Figura 61. Disposición y ajuste entre mazas

### Abertura de salida (As)

Es la separación que hay entre las superficies de la maza mayal y la maza repasadora. La reducción de la extracción con el aumento de la abertura de salida, se origina en la disminución de la presión que recibe el bagazo al pasar entre las mazas del par repasador y esto, a su vez, reduce la potencia. Si la abertura de salida es muy reducida se dificulta el paso del bagazo, y se presentan atascamientos que reducen la capacidad y causan daño al molino (figura 61).

### Ranurado de mazas

Para facilitar el agarre de la caña y evitar que patine, las mazas poseen canales o ranuras circunferenciales de sección triangular. Se recomienda  $55^\circ$  como el valor más adecuado para el ángulo de la ranura (Hugot, 1982), pues se logra proporción entre el paso y la altura de la caña.

## Capacidad

El término capacidad establece la cantidad de caña que pasa por el molino en un tiempo determinado. Los factores que determinan la capacidad del molino son: área sembrada en caña (hectáreas), rendimiento por unidad de área (t/ha), período vegetativo (meses), sólidos solubles del jugo (grados Brix), y sólidos solubles de la panela (grados Brix).

Las anteriores variables se deben relacionar con las variables básicas de diseño y desempeño de los molinos. Las más importantes son:

### *Capacidad nominal*

Cuantifica la caña molida en un tiempo determinado, generalmente muy corto, en el cual el molino trabaja de manera continua y bajo condiciones ideales. En los molinos accionados mecánicamente varía entre 200–4.570 kg/h.

### *Capacidad real*

Contabiliza, además, el tiempo que se gasta en labores de mantenimiento del molino y en descansos breves de los operarios. Siempre es inferior a la nominal. En los molinos de tracción animal, de acuerdo con la especie usada (buey o caballo), la capacidad real varía entre 100 y 150 kg/h cuando se utiliza un solo animal, y entre 150 y 200 kg/h al emplear dos animales. La cantidad de caña molida se reduce por limpieza, forma y diámetro de la caña, y pericia del trabajador.

### *Extracción en peso*

Relaciona la cantidad en kilogramos del jugo recuperado en el molino con respecto al peso de la caña molida.

$$\text{Extracción} = \frac{\text{Peso jugo} \times 100}{\text{Peso caña}}$$

Este parámetro es fácil de determinar si se dispone de una balanza. La extracción en peso es un indicativo del funcionamiento del molino. En términos generales, el contenido de fibra de la caña fluctúa entre 10 y 18% (variedad, cultivo, madurez).

### *Consumo de potencia*

Establece la potencia necesaria para accionar el molino. Normalmente se expresa en caballos de fuerza (Hp) y, técnicamente, en kilovatios (Kw). En los molinos, la potencia requerida depende del trabajo realizado para comprimir la caña y de la energía consumida por la propia máquina (tabla 21).

**El beneficio de la caña en el trapiche no debe demorar más de tres días, para evitar la inversión acelerada de sacarosa.**

**Tabla 21.** Recomendaciones de velocidad de mazas (v) y abertura de entrada (Ae) para los molinos colombianos, con los estimativos de capacidad nominal (Cn) y potencia (P)

| Marca       | Modelo DxL<br>(cm) | Maza mayal<br>V (r/min) | mm    | Ae<br>kg/h | Cn<br>Kw | P  |
|-------------|--------------------|-------------------------|-------|------------|----------|----|
| Amagá       | 15                 | 14x14                   | 14-18 | 11         | 330      | 3  |
|             | 14                 | 17x17                   | 12-15 | 11         | 600      | 5  |
|             | 13                 | 19x18                   | 10-13 | 12         | 860      | 6  |
|             | 12                 | D 20x22                 | 9-13  | 12         | 1.090    | 8  |
|             | 11                 | D 24x26                 | 8-11  | 14         | 1.610    | 12 |
|             | 10                 | D 32x30                 | 6-8   | 15         | 2.340    | 15 |
|             | 9                  | D 33x41                 | 6-8   | 15         | 3.300    | 24 |
| Apolo       | 3                  | B 20x19                 | 9-13  | 12         | 1.000    | 7  |
|             | 3                  | C 22x25                 | 9-12  | 13         | 1.370    | 9  |
|             | 4                  | C 24x23                 | 8-10  | 14         | 1.510    | 9  |
|             | 5                  | STD 27x23               | 7-10  | 14         | 1.750    | 12 |
|             | 8                  | STD 33x31               | 6-8   | 15         | 2.420    | 15 |
| El Cóndor   | 8x10               | 20x25                   | 9-13  | 12         | 1.240    | 9  |
|             | 9x11               | 23x28                   | 8-10  | 13         | 1.620    | 12 |
|             | 11x15              | 28x40                   | 7-9   | 15         | 2.420    | 15 |
| La Campana  | 9x11               | 23x28                   | 8-10  | 13         | 1.620    | 12 |
|             | 11x12              | 28x30                   | 7-9   | 15         | 1.810    | 13 |
| Gaitán*     | 5x5                | 13x13                   | 15-20 | 11         | 200      | 2  |
|             | 6x8                | 15x23                   | 13-17 | 11         | 650      | 5  |
|             | 9x10               | 23x25                   | 8-11  | 13         | 1.450    | 9  |
|             | 11,5x14            | 29x36                   | 7-9   | 15         | 2.360    | 15 |
|             | 15x20              | 40x51                   | 5-7   | 16         | 3.530    | 24 |
|             | 18x24              | 46x61                   | 4-6   | 18         | 4.570    | 30 |
| Gerrey      | Sucesor            | 21x30                   | 9-12  | 12         | 1.500    | 10 |
|             | 13-V               | 20x25                   | 9-13  | 12         | 1.240    | 9  |
|             | Mascota            | 14x13                   | 14-18 | 11         | 280      | 3  |
| Hakspiel    | 5                  | 13x13                   | 15-20 | 11         | 200      | 2  |
|             | 6                  | 15x20                   | 13-17 | 11         | 570      | 5  |
|             | 8                  | 20x25                   | 9-13  | 12         | 1.240    | 9  |
|             | 10                 | 25x25                   | 8-10  | 14         | 1.530    | 10 |
|             | 10                 | A 25x31                 | 8-10  | 14         | 1.720    | 12 |
|             | 12                 | 31x31                   | 6-8   | 15         | 2.250    | 15 |
|             | 12                 | A 31x36                 | 6-8   | 15         | 2.640    | 18 |
| El Panelero | R-2                | 14x13                   | 14-18 | 11         | 280      | 3  |
|             | R-4                | 21x20                   | 9-12  | 12         | 1.090    | 7  |
|             | R-5                | 20x25                   | 9-13  | 12         | 1.240    | 9  |
|             | R-8                | 21x25                   | 9-12  | 12         | 1.300    | 9  |
|             | R-14               | 27x33                   | 7-9   | 14         | 2.050    | 15 |
|             | R-20               | 33x46                   | 6-8   | 15         | 3.000    | 20 |
|             | TH-6               | 20x15                   | 9-13  | 12         | 850      | 6  |
| Penagos     | TH-8               | 20x25                   | 9-13  | 12         | 1.240    | 9  |
|             | TH-10              | 25x25                   | 8-10  | 14         | 1.670    | 12 |
|             | TH-11              | 25x31                   | 8-10  | 14         | 1.860    | 13 |
|             | TH-12              | 31x31                   | 6-8   | 15         | 2.250    | 15 |
|             | TH-16              | 31x41                   | 6-8   | 15         | 2.640    | 18 |
| Tornometal  | TM-9               | 22x23                   | 8-11  | 13         | 1.320    | 9  |
|             | TM-11              | 24x28                   | 8-10  | 14         | 1.690    | 12 |

\* Sólo molinos de 3 mazas

## Extracción de jugos

El sistema empleado en las industrias azucarera y panelera en Colombia es el de compresión, sistema muy antiguo, las máquinas son similares a las empleadas en la trituration de rocas.

La caña se somete a compresión en los rodillos o mazas del molino, lo cual propicia la salida del contenido del líquido de los tallos. Se consideran satisfactorias aquellas extracciones, entre 58 a 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, mientras el segundo se emplea como material combustible para la hornilla después de secado.

*Bagazo.* En el proceso de molienda, además del jugo, también se obtiene un residuo sólido llamado “bagazo verde” 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%, para ser 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 para que circule el aire y seque el bagazo. 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 62.** Almacenamiento del bagazo

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 mayor 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 (tabla 22).

**Una extracción satisfactoria del jugo crudo de la caña se encuentra entre el 58 y 63%.**

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

**Tabla 22.** Cantidad de panela obtenida con diferente porcentaje de extracción y diferentes grados brix por tonelada de caña.

| Brix jugo crudo                         | Extracción en peso (porcentaje) |     |     |     |     |     |
|-----------------------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                         | 40                              | 45  | 50  | 55  | 60  | 65  |
| Cantidad de panela por tonelada de caña |                                 |     |     |     |     |     |
| 16                                      | 64                              | 72  | 82  | 91  | 100 | 108 |
| 17                                      | 68                              | 77  | 87  | 96  | 106 | 115 |
| 18                                      | 72                              | 82  | 92  | 102 | 112 | 122 |
| 19                                      | 76                              | 86  | 97  | 108 | 117 | 129 |
| 20                                      | 80                              | 91  | 102 | 113 | 124 | 136 |
| 21                                      | 84                              | 96  | 107 | 119 | 131 | 142 |
| 22                                      | 88                              | 100 | 112 | 124 | 137 | 149 |

## Limpieza de jugos

En esta etapa se retiran impurezas gruesas de carácter no nutricional por medios físicos (decantación y flotación en el prelimpiador), térmicos (en las primeras pailas) y bioquímicos (con los aglutinantes). Comprende tres operaciones: prelimpieza, clarificación y encalado.

### Prelimpieza

El jugo crudo (guarapo) y sin clarificar se limpia en frío utilizando un sistema de decantación natural, por efecto de la gravedad, desarrollado por el CIMPA y que se ha denominado Prelimpiador. Este dispositivo retiene por precipitación una importante proporción de los sólidos contenidos en el jugo de la caña, como son partículas de tierra, lodo y arena; simultáneamente, por flotación, el prelimpiador separa partículas livianas como bagacillo, hojas, insectos, etc.

Las impurezas flotantes se deben retirar varias veces durante la molienda; también se deben retirar periódicamente los tapones de los orificios inferiores para evacuar los lodos acumulados en el fondo del prelimpiador; otra labor es asear como mínimo 2 o 3 veces durante la molienda. Todas las anteriores labores constituyen una BPM en el manejo de este equipo.

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, tierra, bagacillo y muchas impurezas, y contribuye a reducir el consumo de bagazo y mantener la calidad del jugo sin que se fermente o avinagre.

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 de, mínimo, 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 una limpieza completa 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, como se ve a continuación:

- Capacidad de molienda 1 t/hora de caña: un prelimpiador (N.º 1) de 0,80 m de largo, 0,35 m de alto y 0,15 m de ancho.
- Molinos con capacidad de 0,5 – 1,0 t/hora de caña: un prelimpiador (N.º 1), 1 m de largo, 0,5 m de alto y ancho de 0,3 m.
- Molinos con capacidad de 1 – 2 t/hora de caña: un prelimpiador (N.º 2) de 1,75 m de largo, 0,30 m de alto y 0,30 m de ancho.
- Para trapiches con capacidad mayor a 2 t/hora, aumentar el ancho del prelimpiador (N.º 1) en 10 cm por cada 500 kg de caña adicionales.



**Figura 63.** Prelimpiador

El bagazo se debe almacenar en pilas altas, dejando un espacio entre arrume y arrume para que circule el aire.

## Clarificación

Esta fase tiene lugar en la paila recibidora o descachazadora, y consiste en la eliminación de las cachazas que son sólidos en suspensión, tales como bagacillos, hojas, arenas, 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 los cadillos, el balso, el guásimo, juan blanco, san joaquín, entre otros.

Al macerar las cortezas de algunos árboles y arbustos, como el balso, el guásimo y el cadillo, se obtiene un mucílago que contiene polímeros celulósicos con propiedades aglutinantes. Los sólidos en suspensión se agregan entre sí y forman una masa homogénea que se conoce como cachaza, la cual flota sobre el jugo y permite extraerla manualmente. La cachaza es de dos clases:

### *Cachaza negra*

Es la capa inicial de impurezas, se retira a la cachacera para separar el jugo extraído con la cachaza.

### *Cachaza blanca*

Es la segunda capa que se forma, es más liviana y se debe retirar con prontitud, antes de que los jugos alcancen la temperatura de ebullición, para poder remover las impurezas.

### *Utilización del balso*

Su corteza desprende una sustancia babosa que luego de ser macerada y mezclada con agua cambia de color y viscosidad; se denomina mucílago, y se adiciona al jugo de caña para clarificar los jugos (figura 64).

La sustancia clarificante se sumerge directamente en el jugo cuando se alcanzan temperaturas entre 60° y 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, es llamada melote, y se emplea en la alimentación animal; se puede almacenar por un período prolongado.



**Figura 64.** Preparación de balso

## Encalado

En la última parte de la limpieza se adiciona cal, preparando una lechada, 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 una BPM, la cal usada debe ser de tipo alimenticio para no contaminar la panela y obtener un producto inocuo.

Se ha observado que se requiere mayor inclusión de cal cuando la caña proviene de suelos recién desmontados o ricos en materia orgánica; también 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

Terminada la clarificación, se inicia la evaporación del agua aumentando de esta manera la concentración de azúcares en los jugos.

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. La evaporación del agua contenida en los jugos por calentamiento a 96° C permite alcanzar la concentración de sólidos apropiada para la consolidación y el moldeo de la panela entre 120 y 125° C (figura 65). La eficiencia térmica de la hornilla tiene su repercusión en la calidad final del producto.

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 queme la panela.

Estas operaciones se llevan a cabo en pailas o fondos dispuestos en línea, que reciben diferentes denominaciones técnicas y regionales. Las investigaciones realizadas por el Centro de Investigación para el Mejoramiento de la Panela -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.

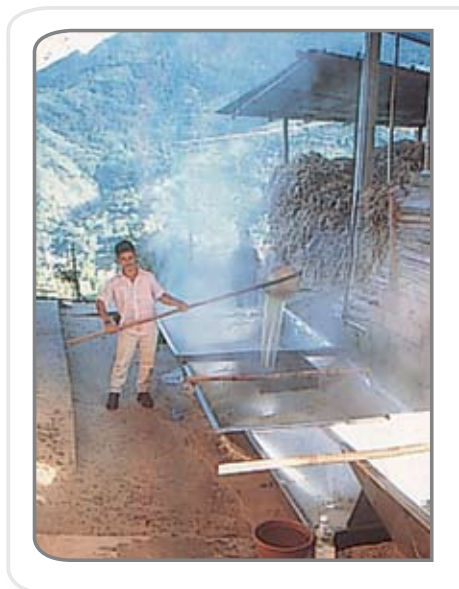
La notable eficiencia térmica de la hornilla va aparejada con su bajo impacto sobre el medio ambiente, objetivo que se logró al reemplazar los combustibles adicionales, como la leña, por el uso del bagazo, únicamente. Además, por el establecimiento de huertos leñeros, con especies arbóreas de rápido crecimiento, alta productividad y alto valor calórico en combustión (Ver Anexo Huertos leñeros). Este beneficio ambiental propicia la conservación del recurso bosque y la reducción de emanaciones de gases de invernadero a la atmósfera, al tiempo que se disminuyen los costos de producción, la evaporación y concentración.

**La selección de los molinos se hace teniendo en cuenta la capacidad de la planta, la producción de caña y la programación de moliendas.**

## Hornilla panelera

Lugar donde se lleva a cabo el proceso de conversión de jugo a panela. 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 (figura 65).

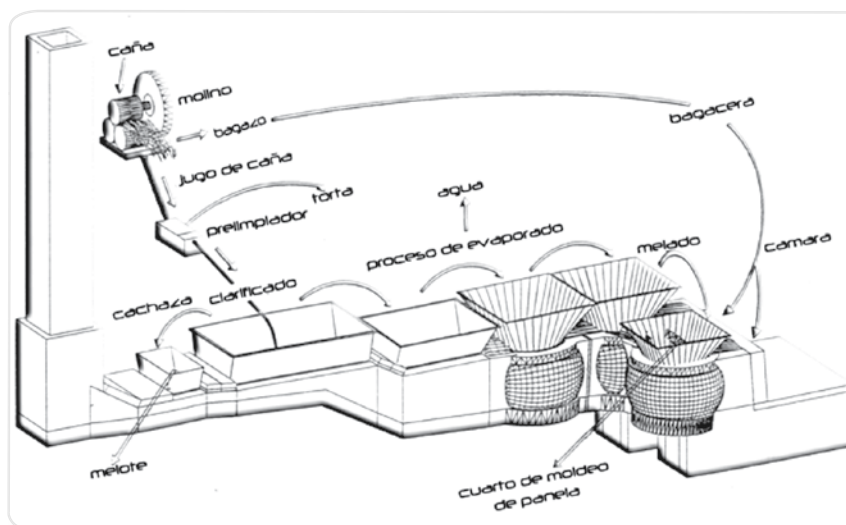
La forma y el tamaño de una hornilla panelera varían mucho entre una región panelera y otra, pero, en general, puede decirse que la hornilla está formada por la cámara de combustión, el área de evaporación (pailas), el ducto de humos y la chimenea (figura 66).



**Figura 65.** Proceso de evaporación y concentración



**Figura 66.** Hornilla panelera



**Figura 67.** Hornilla tipo cundinamarca

## Cámara de combustión

Allí se lleva a cabo el proceso de ignición (quema) entre el bagazo y el aire. Es una cavidad donde se queman el bagazo y demás combustibles empleados en la fabricación de panela. Consta de boca para alimentación de combustible, parrilla o emparrillado y cenicero.

### *La boca para alimentación de combustible*

Es una abertura por donde el operario introduce el bagazo a la cámara de combustión. Puede construirse en diversos materiales y formas; lo más común, son puertas de forma cuadrada o rectangular construidas en hierro fundido (figura 68).



**Figura 68.** Boca y parrilla del horno

El molino panelero se debe instalar en la parte más alta del terreno donde se construye el trapiche para facilitar el desplazamiento de los jugos por gravedad.

### *La parrilla*

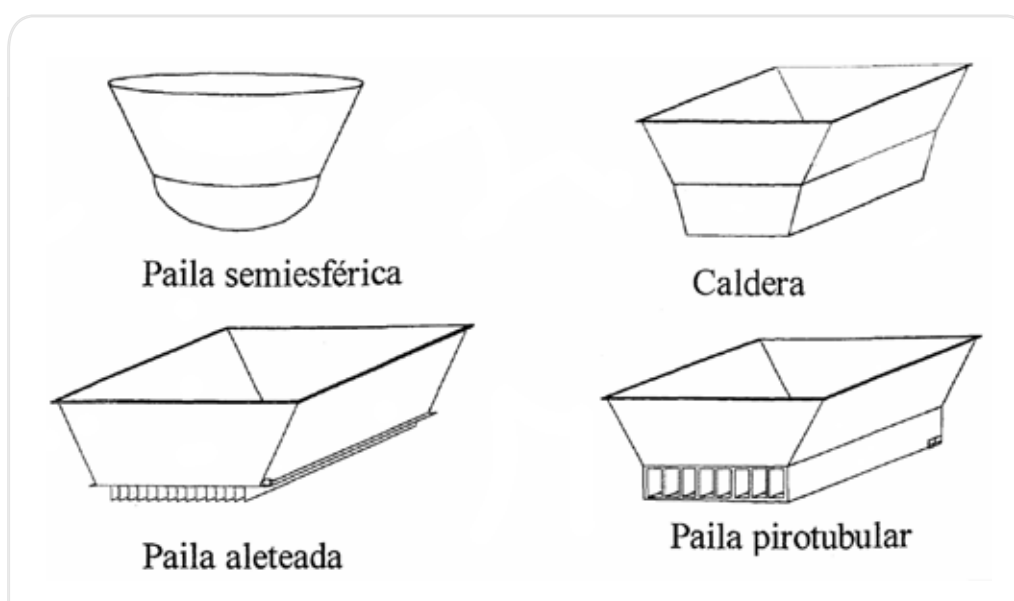
Es un enrejado formado por un conjunto de barrotes tendidos horizontalmente. Su función es servir de lecho al bagazo, permitiendo la entrada de aire necesario para la combustión y el paso de las cenizas hacia el cenicero. La parrilla se construye en ladrillo común, rieles de ferrocarril, barrotes en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

El cenicero es un compartimiento construido en ladrillo, ductos formados por excavaciones directas en la tierra; los más recientes son construidos en ladrillos refractarios que resisten altas temperaturas. Cámara combustión.

### **Pailas**

También denominada “batería de concentración”. Conjunto de pailas o fondos metálicos a través de los cuales se realiza la transferencia de calor entre los gases de combustión y los jugos o mieles para llevar a cabo las etapas de clarificación y evaporación del agua en el proceso de elaboración de la panela.

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 pailas 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 (figura 69). Generalmente, se fabrican en cobre, aluminio, acero inoxidable o hierro.



**Figura 69.** Diferentes formas de las pailas

Para aumentar en las hornillas la transferencia de calor (eficiencia térmica), el CIMPA desarrolló las pailas aleteadas y, posteriormente, Corpoica diseñó una paila pirotubular. Éstas aumentan el área de contacto de los gases con la paila para ganar mayor cantidad de energía (figura 70).



**Figura 70.** Paila pirotubular

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*

Recipientes donde se depositan las impurezas retiradas en forma manual en el proceso de clarificación.



**Figura 71.** Cachacera

La operación del  
molino se debe  
hacer de tal forma  
que no trabé ni  
sufrá desgastes  
innecesarios.

## **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; 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, 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.

## **Punteo, moldeo y batido**

Esta fase de la fabricación de la panela persigue la obtención del “punto”. Mediante paleo manual se incorpora aire a las mieles en presencia de calor, operación que se lleva a cabo en la paila punteadora.

El éxito en los procesos de producción de panela depende de la experiencia en el oficio; los trabajadores encargados de la hornilla cumplen un papel muy importante por su destreza para alimentar la hornilla con combustible y palear para obtener el punto.



**Figura 72.** Bateas

La miel proveniente de la hornilla se deposita en una batea y, por acción del batido intensivo e intermitente, se enfría, pierde capacidad de adherencia y adquiere la textura para el moldeo (figura 73).



**Figura 73.** Batido

#### *Moldeo*

Una vez la miel ha sido batida y se aprecia la cristalización y presenta una nueva textura (panela), se dispone en moldes o gaveras, adquiere su forma definitiva y se solidifica.



**Figura 74.** Moldeo de la panela



**Figura 75.** Gavera

Este proceso se lleva a cabo en un cuarto destinado exclusivamente para esta actividad, con piso en cemento y 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. Las gaveras se encuentran ubicadas sobre mesas de madera, cemento o metálicas; con la ayuda de palas de madera, el pesador distribuye la panela en los moldes (gaveras).

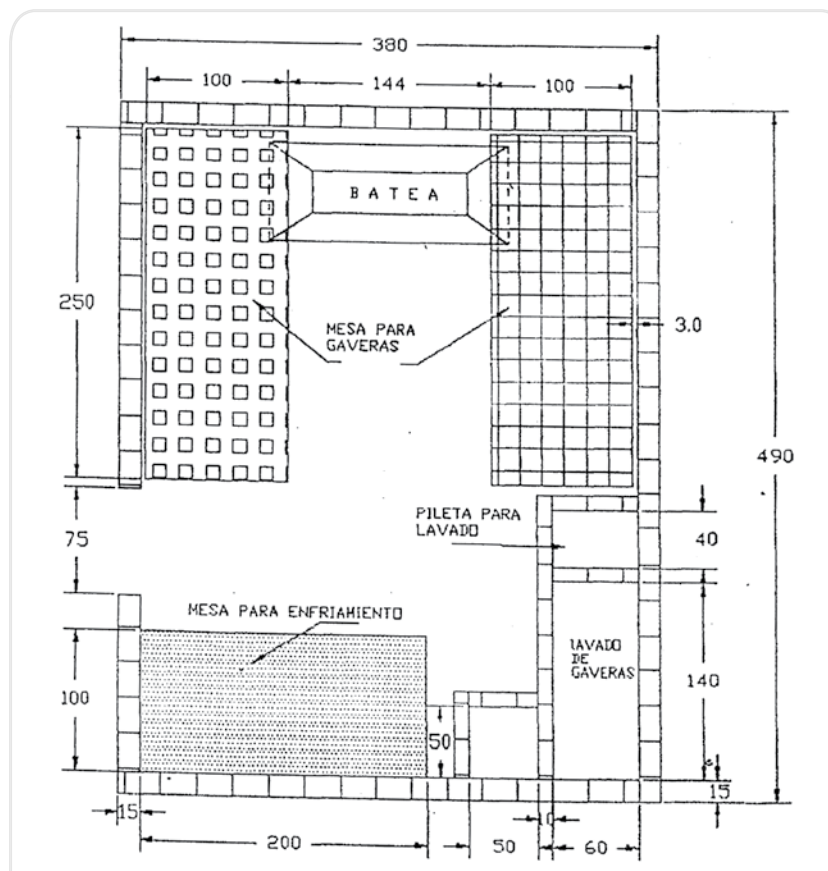
**En el proceso de molienda la alimentación de la máquina se debe hacer de forma continua.**

*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 pérdida 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 (Durán, 1992).



**Figura 76.** Cuarto de moldeo rodeado de malla polisombra



**Figura 77.** Vista en planta del cuarto de batido y moldeo para la elaboración de panela  
Fuente: Durán et al., 1992.

## Consideraciones sobre la incidencia de la higiene en el cuarto de batido y 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 son lisas 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° para evitar el empozamiento del agua.
- Los pisos deben recubrirse 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 arrojarlas al ambiente.
- Hacer canaletas alrededor de las mesas.
- En el techo se sugiere colocar un cielo raso en teja plástica, con una inclinación de 5° 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 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 (Prada, s. f.).

Antes de poner en funcionamiento el molino se debe verificar que todas las tuercas y tornillos estén ajustados.



**Figura 78.** Cuarto de moldeo.

## Empaque y almacenamiento

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.



**Figura 79.** Empaque y almacenamiento de panela

La panela es propensa a sufrir alteraciones cuando presenta concentraciones de azúcares reductores altas, bajos contenidos de sacarosa y alta humedad. A medida que aumenta su absorción de humedad, 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 transportarla, distribuirla y consumirla con rapidez, ya que un almacenamiento prolongado deteriora su calidad. A partir del 10% de humedad, la superficie se muestra brillante por la aparición de goticas de melaza; en estas condiciones, es imposible almacenarla por el riesgo de invasión microbiológica y de alteración fisicoquímica.

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 (Corpoica – Sena, 1998).

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.

*Materiales de empaque que garanticen la vida útil e inocuidad en la 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 la siguiente información (García et al., 2003):
  - Marca o logo.
  - Contenido (peso).
  - Registro sanitario de Invima.
  - Código de barras.
  - Valor nutricional.
  - Fecha de vencimiento.
  - Lugar de producción.



**Figura 80.** Presentaciones de panela

En la lubricación del motor, temperatura ambiente de 25°C, debe usarse aceite de viscosidad SAE 20/20 W.



# Buenas prácticas de manufactura (BPM) de la panela como industria de alimentos

El sector panelero es una agroindustria que transforma el jugo de la caña en un producto sólido llamado panela. Este proceso requiere una infraestructura que de alguna manera genera un impacto ambiental, ya que para su actividad necesita hacer uso de materiales combustibles que expelen a la atmósfera gases generados en la combustión, así como de otros recursos naturales, como son el agua y algunas especies vegetales nativas (mucílago vegetales).

## Impacto ambiental

El manejo ambiental requiere de una planificación que incluye las actividades y obras necesarias para proteger el medio ambiente, garantizar la calidad e inocuidad del producto y la salud de la comunidad que se ve afectada, directa e indirectamente, por las acciones derivadas de la operación del trapiche panelero.

La agroindustria panelera no constituye un ejemplo de sistema sostenible, ya que desde la misma ubicación del lote para el cultivo de la caña hasta la obtención de la panela, está afectando el equilibrio del sistema.

Actividades como la tala de árboles para el establecimiento del cultivo, la preparación del terreno y la aplicación de agroquímicos para su manejo, el uso de llantas y leña como combustibles, sumado a la baja eficiencia de los procesos de combustión y transferencia de calor en la hornilla, generan cambios negativos en la calidad ambiental.

*Vertimientos:* en la mayor parte de los trapiches del país las instalaciones sanitarias y el tratamiento de afluentes son ineficientes o inexistentes. El agua de lavado de las gaveras, por ejemplo, presenta altos índices de fermentación y contaminación, y se convierte en caldo de cultivo para el desarrollo de microorganismos que contaminan el producto.

El lavado de los prelimpiadores se debe realizar cada 12 horas. Se agrega abundante agua limpia para que salgan los lodos, arenas y residuos de la molienda, éstos contienen gran cantidad de materia orgánica.

Las aguas de lavado de las gaveras constituye otro vertimiento. A estos vertimientos no se les hace ningún tipo de tratamiento para reducir su carga contaminante (García, 2004).

*Emisiones:* se producen durante la combustión incompleta del bagazo húmedo en la cámara de combustión de la hornilla.

Además de bagazo, se utilizan una serie de combustibles auxiliares, tales como leña, llantas, carbón mineral, los cuales producen graves problemas de contaminación, debido a la emisión de gases tóxicos como monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua. La leña cortada nunca se repone, lo que produce la deforestación de las zonas aledañas al trapiche y de las cuencas hidrográficas.

También se debe tener en cuenta la contaminación térmica, originada por la evaporación del agua en las pailas durante el proceso de fabricación de la panela. Esto representa una gran pérdida de energía que podría ser utilizada para el precalentamiento de los jugos, o en el secado del bagazo, y disminuiría el consumo de combustible y los costos de producción (García, 2004).

Con la globalización de la economía, la agroindustria panelera se debe desarrollar aplicando tecnología de punta que haga más eficiente el proceso, para bajar costos de producción, obtener un producto de óptima calidad que sea competitivo en cualquier mercado nacional e internacional, y garantizar una producción limpia que no dañe el ecosistema de las zonas paneleras.

Se deben establecer programas de control ambiental para disminuir la contaminación industrial generada en el proceso productivo.

La agricultura orgánica es un sistema de producción que evita al máximo el uso de fertilizantes, pesticidas, reguladores de crecimiento y cualquier otra sustancia tóxica que contamine o destruya la naturaleza. Un objetivo básico de la agricultura es solucionar la necesidad básica de los seres humanos, el alimento, produciéndolo sano, nutritivo y de gran calidad biológica.

## **Recursos naturales**

El efecto sobre los recursos naturales del cultivo y beneficio de la caña panelera se puede minimizar empleando prácticas amigables, que permitan la protección del medio ambiente.

La caña puede considerarse como un cultivo protector del suelo, teniendo en cuenta la topografía de la zona y el sistema de siembra y cosecha, lo que impide la exposición del suelo al agua y al sol. Así mismo, por el sistema de siembra en chorrillo y con el trazado de curvas de nivel, se logra disminuir la velocidad del agua, sirviendo como barrera viva para evitar la pérdida de suelo por erosión.

Con el establecimiento de los cultivos con criterios técnicos se lograrían mayores rendimientos en un área menor, lo que les garantizaría a los beneficiarios una explotación más racional del suelo y mejorar su nivel de ingresos.

Las prácticas culturales propuestas tenderán a incrementar la productividad, mediante el aprovechamiento de los recursos orgánicos disponibles en la unidad productiva y el manejo adecuado de controladores biológicos de plagas y enfermedades. Se promoverá la labranza mínima como práctica de conservación del suelo, para evitar los procesos erosivos que frecuentemente se presentan en zonas de ladera.

Los cambios tecnológicos en la agroindustria panelera son muy notables, particularmente en el proceso y beneficio de la caña, con el incremento en la extracción de los trapiches y en la eficiencia térmica de los hornos.

Pasar de un horno tradicional a uno eficientemente térmico es una práctica amigable que beneficia el aire y los bosques. El horno tradicional requiere para su combustión cerca de 2-4 kilos de leña por kilo de panaa producido, o la utilización de llantas que, con su combustión, disminuyen la vida útil del horno y liberan a la atmósfera importantes cantidades de gases tóxicos y hollín que contaminan el aire y aceleran el calentamiento de la tierra; un horno de eficiencia térmica permite reducir la utilización de más de 500 kilos de leña por molienda. Con la reducción de la tala de bosques, se ayuda a la conservación del ambiente al crear condiciones favorables para la regeneración de los árboles nativos, el regreso de la fauna y la activación de los procesos de formación del suelo que permitirían aumentar la biodiversidad.

Con el aprovechamiento de la cachaza en la producción de melote para alimentación animal, se disminuye la contaminación del agua, pues la cachaza no es arrojada a las corrientes; además se reduce la acidificación de los suelos.

El procesamiento o transformación permitirá la obtención de un producto libre de adulterantes químicos como anilina y clarol, que son utilizados para mejorar la apariencia física del producto. Estas sustancias son nocivas para la salud de los consumidores, por sus efectos gástricos y cancerígenos (Prodepaz, 2004).

## Instalaciones físicas del trapiche

En la mayoría de los casos no se reúnen las condiciones higiénicas y sanitarias requeridas para la producción de alimentos. Por ejemplo, cuando no se dispone de un área de batido, moldeo y empaque de la panaa, caracterizada como tal, al producto se adhieren impurezas e insectos, además de la contaminación que producen personas extrañas al proceso y animales domésticos, que influyen en la presentación final y afectan su comercialización.

En la extracción de los jugos de la caña, el bagazo que no se usa como combustible se debe poner en un sitio adecuado y en un lugar alejado del trapiche para producir abono natural o biológico por medio de procesos como el compostaje, que se pueda utilizar como fertilizante en el mismo cultivo de la caña (Fedepanaa, s. f.).

## En la prelimpieza

Tanto el material flotante como el decantado en el prelimpiador, que son retirados durante el proceso de prelimpieza, se deben depositar en un recipiente destinado para este uso. Este material se puede mezclar con el bagazo que no se use como combustible y que, mediante un método de degradación biológica como el compostaje, se pueda utilizar como abono orgánico.

**Mantener  
adecuadamente la  
higiene personal  
de todos los  
involucrados en  
el proceso de  
producción de  
panaa.**

## En el proceso de clarificación

La cachaza reviste una especial importancia, ya que ofrece al panelero una fuente de ingreso adicional. Por su alto contenido de sacarosa, la cachaza proporciona un alto valor energético en la dieta alimenticia de cerdos, bovinos, equinos, etc. La cachaza líquida se deposita en bateas o abrevaderos para los animales y se debe suministrar en un tiempo máximo de 12 horas.

En estado sólido se puede almacenar en canecas hasta por 12 meses, para ello se debe calentar en la paila melotera hasta evaporar completamente el agua presente y formar una masa compacta (melote), para dosificarla a los animales (Fedepanela, s. f.).

En la elaboración de la panela, debido a las exigencias del consumidor, los productores se ven obligados al uso de colorantes que incrementan los costos de producción y le quitan a la panela su carácter de producto natural. En algunas zonas del país se utiliza una anilina altamente tóxica denominada comercialmente “el indio”, o “naranja” (sal disódica del ácido P-Sulfo Benceno Azo Beta Naftol). Su uso se puede eliminar completamente con una buena limpieza de los jugos (prelimpieza y clarificación).

También durante el proceso de producción de panela se usan blanqueadores como el Clarol, sustancia comercial decolorante utilizada para eliminar las coloraciones oscuras del jugo de la caña. Químicamente, el clarol se denomina hidrosulfuro, hiposulfito o metabisulfito de sodio, a base de azufre y con efectos tóxicos especialmente en la población infantil.

La acción del clarol no es permanente, su efecto es fuertemente reductor pero susceptible a reoxidarse durante el almacenamiento por contacto con el aire, por eso con el tiempo produce coloraciones más oscuras y verdosas de poca aceptación en el mercado (García, 2004).

## Los aglutinantes en la agroindustria panelera

En la agroindustria panelera, en el proceso de beneficio de la panela, la clarificación de los jugos se hace mediante la floculación y aglutinación de las impurezas, gracias a un efecto combinado de temperatura, tiempo y acción de los agentes clarificantes (mucílagos vegetales). Los mucílagos son sustancias viscosas extraídas de los tallos, hojas, frutos y raíces macerados de algunas especies, que al entrar en contacto con el agua o el jugo de caña, más la acción del calor, eliminan los sólidos en suspensión, las sustancias coloidales y algunos compuestos colorantes presentes en el jugo; luego se forma la cachaza, la cual se separa del jugo limpio por métodos físicos.

Las plantas más utilizadas para la clarificación de los jugos son el balso (*Heliocarpus americanus* L.), el cadillo negro (*Triumfetta lappula* L.), el cadillo blanco (*Triumfetta mollissima* L.), el guásimo (*Guazuma ulmifolia* Lam), el cadillo de mula (*Pavonia spinifex* Cav), el juan blanco (*Hemistylis macrostachis* Wedd) y el san joaquín (*Malvaviscus penduliflorus* Oc).

En la mayoría de las zonas paneleras del país, estas plantas con poderes aglutinantes y floculantes están agotadas por el uso permanente e irracional, y su costo actual económico y ambiental es muy alto.

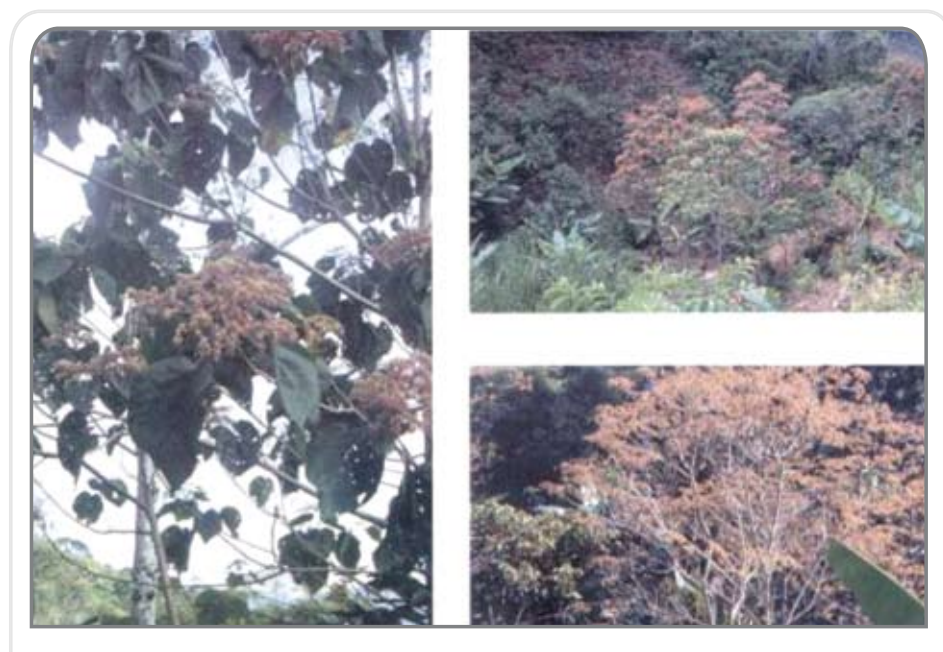
Actualmente se dispone de algunas tecnologías para el manejo agronómico de estas especies, el control de las principales plagas y enfermedades que las afectan, la poscosecha y su uso como clarificantes vegetales en la limpieza de los jugos de la caña durante el proceso de producción de mieles y panela, con el fin de obtener un producto de mejor calidad.

Las especies de mejor comportamiento como aglutinantes en Antioquia son el balso (*Heliocarpus americanus* L.), para la cachaza negra, y el cadillo negro (*T. lappula* L.) y blanco (*T. mollissima* L.), para aglutinar la cachaza blanca.

Se identificó un sistema de producción para la propagación, siembra y manejo de estas especies aglutinantes. Además, su clasificación taxonómica. Algunas de las características de las especies más utilizadas en Colombia son las siguientes:

*Balso (Heliocarpus americanus L.)*

Especie componente natural de los bosques nativos de las tres cordilleras (occidental, central y oriental) colombianas y la Sierra Nevada de Santa Marta. Al macerar su corteza desprende una sustancia viscosa, que al ser mezclada con agua, cambia de color y viscosidad, la cual se adiciona al jugo de la caña de azúcar destinado a la fabricación de panela. Es una especie en vía de extinción, debido a su explotación irracional.



**Figura 81.** (Izquierda) Flores de balso en estado inmaduro, (derecha superior) árbol balso comenzando floración y (derecha inferior) punto óptimo de maduración de la semilla de balso.

*Descripción botánica:* el balso es un árbol de 25 metros de altura, de hojas simples y alternas, inflorescencias terminales, frutos elipsoides a ovoides, pequeños, de color rojizo y semejantes a un sol (figura 84).

No usar prendas  
inseguras que  
puedan caer en  
pailas, bateas.



**Figura 82.** Balso asociado a plátano

*Distribución y ecología:* se encuentra entre los 500 y 1.800 m.s.n.m., con un rango de temperatura media entre 18° y 24° C, y precipitaciones entre 1.000 y 3.000 mm anuales, que corresponde a la formación ecológica bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM); se desarrolla bien sobre suelos húmedos, a orillas de quebradas o nacimientos de agua; tolera suelos secos, ácidos y de baja fertilidad.

*Propagación:* para multiplicar el balso se recomienda la propagación sexual, y para aumentar la germinación se debe quitar la cubierta y escarificar la semilla; inicialmente se pone la semilla sobre servilletas húmedas y luego se pasa a un germinador. En algunas zonas se utiliza el balso como sombrío de café y cacao o se cultiva asociado con plátano; tiene buen desarrollo en suelos franco – arenosos, y arcillosos, con pH entre 4,8 – 5,2 y buenos contenidos de materia orgánica. Puede aprovecharse a partir de los cuatro a seis años de edad.

*Cadillo blanco (Triumfetta mollissima L.)*

Se ha observado en la zona panelera del Nordeste antioqueño, y es donde más se utiliza actualmente. Ha desaparecido en muchas zonas por su uso irracional y la aplicación de herbicidas para el control de arvenses en los potreros, donde crece en forma natural. Es una especie muy promisoría para clarificar los jugos de caña.

*Descripción botánica:* es un arbusto de unos tres metros de altura; hojas simples, alternas; inflorescencias en fascículos de umbelas, frutos en cápsulas globosas de color café, con exocarpo densamente espinoso (figura 85).

*Distribución y ecología:* se encuentra entre los 800 y 1.800 m.s.n.m., con una precipitación anual entre 1.800 a 3.500 mm y una temperatura media entre 20° y 24° C. Se adapta fácilmente a suelos francos, franco arenosos y arcillosos, con altos contenidos de materia orgánica, pH entre 4,6 y 5,2 y buena fertilidad. Es común encontrarlo en lugares enrastrados.



**Figura 83.** Inflorescencias cadillo blanco



**Figura 84.** Aglutinante: cadillo blanco

*Propagación:* la propagación vegetativa se hace empleando estacas de 20 a 30 cm, que se siembran directamente en bolsas. Se emplea una densidad de siembra de 1,5 x 1,5 y 2 x 2 m; se recomienda aplicar materia orgánica y un fertilizante compuesto.



**Figura 85.** Semilla de cadillo blanco

No usar joyas en las  
manos.

El cadillo blanco, al propagarlo vegetativamente, brotan entre dos y cuatro retoños principales, que son los que se aprovechan posteriormente. Para ello se podan los tallos más gruesos y vigorosos, que son los que tienen la corteza y el mucílago de mejor calidad; el corte se debe realizar a una altura de 10 cm del suelo.

*Cadillo negro (Triumfetta lappula L.)*

Es un arbusto de 2 metros de altura, que se encuentra en el piso térmico cálido de América; es considerado como una arvense medianamente nociva en los potreros, que se pega en la cola de los equinos y bovinos causándoles algunas molestias.

Se utiliza la corteza de tallos y ramas, los cuales se cortan y se golpean con un mazo para desprenderla, se macera manualmente, luego se mezcla con agua para que suelte la sustancia mucilaginoso.

*Descripción botánica:* Sus ramas son alternas, lo mismo que sus hojas, que son pecioladas, con pubescencia en ambas caras y de bordes aserrados. La inflorescencia es erecta y axilar, y flor de cinco sépalos amarillos (figura 86). Fruto globoso, verde, pardo con el tiempo, erizado de espínulas, trilocular con semillas muy pequeñas de forma de pera.

*Distribución y ecología:* se encuentra en las zonas cálidas, hasta los 1.800 m.s.n.m., con un rango de temperatura media entre 20° y 24° C y precipitaciones entre 500 y 3.000 mm, correspondiente a la formación ecológica bosque seco tropical (bs-T), bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM). Es muy común en los potreros, se encuentra en lugares frescos y ricos en materia orgánica, en sesteaderos del ganado.



**Figura 86.** (Izquierda y centro) Floración de cadillo negro y (derecha) Semilla de cadillo negro

Es una planta que constantemente florece y fructifica. La mejor propagación es la vegetativa, utilizando estacas de 20 a 30 cm de longitud. Se recomienda sembrar a una distancia de 1,5 m en cuadro o triángulo, y no sembrar en suelos muy pendientes, porque tiende a volcarse.

Igual que con el cadillo blanco, se deben podar los tallos más gruesos y vigorosos, pues éstos tienen la corteza y el mucílago de mejor calidad. Al cortar la planta para su aprovechamiento, se deben dejar los

tallos de mejor desarrollo, cortar el resto a unos 10 cm del suelo. Para fertilizar, usar materia orgánica y un fertilizante completo (López y Osorio, 2005).



**Figura 87.** Cadillo negro.

*Cadillo de mula (Pavonia spinifex Cav)*

Es una especie que se ha desarrollado en la zona panelera de los municipios de Girardota, Pueblo Rico y Toledo, en el departamento de Antioquia. Es considerada como una maleza por las personas que no conocen su uso. Sus poblaciones se han reducido por el uso irracional, por el control como arvense en potreros y la ampliación de la frontera agrícola y ganadera.

Se utiliza toda la planta (tallos, hojas y flores), que se macera en un pilón, se pasa por el molino o golpeándolo con un mazo dentro de un costal.

*Descripción botánica:* tallos con líneas longitudinales de pelos simples y tricomas estrellados dispersos; hojas simples, alternas, dísticas, pecíolos con cerca de un centímetro de largo; láminas ovaladas, elípticas, ápice acuminado, base redondeada, flores solitarias, largamente pedunculadas, pedúnculos de cerca de

Utilizar tapabocas,  
gorro, delantal,  
guantes y otros.

cerca de tres centímetros de largo, con cinco a ocho pétalos, unidos en la base; cinco pétalos ovovados, amarillos; estambres numerosos, amarillos. Frutos secos, con cinco mericarpos, cada uno con tres espinas en el ápice y éste último de color verdoso a café claro.

*Distribución y ecología:* se ha observado a una altitud entre 1.300 y 1.500 m.s.n.m. con temperatura media de 21 a 22° C, y una precipitación entre 1.500 y 2.200 mm, correspondiente a la formación ecológica de bosque húmedo premontano (bh-PM); se adapta bien en suelos arcillosos y franco-arenosos, con un pH entre 4,8 y 5,1.

*Propagación:* en pruebas de germinación realizadas, se logró un 30% de germinación, con propagación por semilla (sexual). Con propagación vegetativa (asexual), se lograron niveles de prendimiento del 76%, usando estacas de 1 a 1,5 cm de grosor y 15 a 20 cm de longitud.

Se recomienda utilizar la distancia de siembra de 1 x 1 m entre plantas. Se debe fertilizar con 0,5 a 1 kg de materia orgánica al momento de la siembra y repetirla a los tres meses. El trasplante al campo se lleva a cabo cuando las plantas tengan una altura entre 30 y 40 cm.



**Figura 88.** Flor y fruto cadillo mula.

### *San joaquín (Malvaviscus penduliflorus Oc)*

El san joaquín o falso san joaquín es un arbusto muy común de las zonas cálidas de América. En el departamento de Antioquia es muy usual observarlo en los jardines de las casas, y en las fincas se utiliza como cerca o barrera viva. Otros nombres comunes del san joaquín son: falso san joaquín, bombillo, pinocho, turco – casquillo, sombrero de los cardenales, hibisco.

Es muy importante esta planta, porque atrae y es fuente de alimento para insectos polinizadores, productores de miel, controladores biológicos, y es muy frecuentada por diferentes especies de colibrí.

*Descripción botánica:* arbusto de entre 3 y 5 metros de alto, las hojas son alternas, pecioladas, rugosas y con pelos diminutos en forma de estrella, el cáliz es verde, cilíndrico, con pubescencia estrellada y lóbulos angostamente triangulares. Corola roja de cinco pétalos libres; columna de color rojo, con anteras del mismo color y polen amarillo.

El fruto es blanco, globoso, de 1 mm de diámetro, con cinco carpelos, cada uno de los cuales encierra una semilla dulce comestible.

*Distribución y ecología:* se ha observado a alturas entre los 0 y los 2.200 m.s.n.m., con un rango de temperatura media entre 16 y 22° C y precipitaciones entre 500 y 5.000 mm anuales, correspondiente a las formaciones bosque seco tropical (bs-T), bosque muy húmedo tropical (bmh-T), bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM), aunque es más común en las dos últimas formaciones. Es una planta de fácil adaptación a una gran diversidad de condiciones ecológicas y edáficas.

Igualmente, se desarrolla bien en suelos arcillosos bien drenados y en suelos franco-arenosos; tolera niveles de pH bajos. Es una planta resistente a la sequía, de rápido crecimiento y recuperación después de la poda.

La propagación es vegetativa; se utilizan estacas con un nivel intermedio de lignificación, pueden ser de 15 a 25 cm de longitud y con un grosor de uno a dos cm. Los niveles de prendimiento oscilan entre un 95 y 97%; las estacas se siembran directamente en bolsas con tierra previamente preparada.

Para el manejo silvicultural de esta planta, y según observaciones de campo, se recomienda utilizar las distancias de siembra de 1,5 x 1,5 m o 2 x 2 m. en cuadro o triángulo. También se puede utilizar como cerca o barrera viva. Se recomienda aplicar una fertilización orgánica en dosis de un kilogramo por planta al momento de la siembra.

En el san joaquín se aprovecha toda la planta (tallos, hojas y flores) como aglutinante para extraer el mucílago. El primer aprovechamiento o poda se puede hacer alrededor de los seis meses después de la siembra, mediante un corte a una altura de 10 a 20 cm del suelo.

**No comer, masticar goma, beber o fumar en las zonas de producción de la panaa.**



**Figura 89.** Plantas de san Joaquín

*Juan blanco (Hemistylis macrostachys Wedd)*

El juan blanco o aguanoso es una planta observada únicamente en forma silvestre; se encuentra en las zonas paneleras del suroeste, occidente, norte y oriente del departamento de Antioquia; muy común en rastrojos y al borde de las vías. De ella se conoce muy poco, y hasta el momento sólo se utiliza la corteza de los tallos; cuando se macera, suelta un color característico similar al mentol. Es utilizada por unos pocos productores paneleros de los municipios de Salgar, Frontino, Sonsón y Campamento, con excelentes resultados como aglutinante.

*Descripción botánica:* es un arbusto de dos a tres metros de altura, muy ramificado desde la base; presenta tallos de color café claro, ramas jóvenes con médula abundante, que al partirlas expelen un olor mentolado. Las hojas son simples, alternas, de láminas elípticas, con una longitud que varía entre 11,5 a 25 cm de largo y entre 5,3 a 14,1 cm de ancho, base cuneada, con el haz verde y textura áspera, el envés blanquecino y de textura suave. Las pecíolos son largos, en general desde uno hasta 15 cm. Las inflorescencias femeninas poseen panículas terminales, con flores sostenidas por dos brácteas, cuatro sépalos; las flores masculinas en espigas axilares que alcanzan hasta 30 cm de largo. Frutos en aquenios con las brácteas persistentes.

*Distribución y ecología:* la especie fue reportada por primera vez en el departamento de Antioquia, en las regiones descritas. Se ha observado entre los 500 y 1.500 m.s.n.m., una temperatura media entre 20 y 24° C y una precipitación entre 1.000 y 2.500 mm anuales, correspondientes a la formación de bosque húmedo premontano (bh-PM) y en algunas zonas con influencia del bosque seco tropical (bs-T), pero en lugares frescos. Esta planta presenta su mayor floración en épocas secas (diciembre-marzo, julio-agosto).

*Propagación:* se propaga por semilla sexual o vegetativamente. Por facilidad, se recomienda la propagación vegetativa, obteniéndose un prendimiento del 80%. Se emplean estacas de 25 cm de largo y de 1,5 a 2,5 cm de diámetro, y se siembra directamente en bolsas o pregerminadores en un semillero.

Para el establecimiento se puede sembrar entre 1,5 y 2 m en triángulo o en cuadro cuando las plántulas tengan una altura entre 30 y 40 cm, y entre tres y cuatro brotes. La fertilización se lleva a cabo con base en compuestos orgánicos, aplicando un kilo por planta al momento de la siembra.

El aprovechamiento se obtiene cuando los tallos alcanzan una altura entre dos y tres metros, y un diámetro entre cinco y ocho cm, desarrollo que la planta logra entre los 8 meses y el año, dependiendo de la fertilidad del suelo y las diferentes prácticas culturales aplicadas.

La poda para el aprovechamiento se debe hacer a una altura de 10 a 20 cm del suelo y dejar un rebrote, ya que se ha observado que cuando se poda totalmente la planta se seca (López y Osorio, 2005).



**Figura 90.** (Arriba) Planta de Juan blanco iniciando desarrollo y (Abajo) envés blanco característico de la planta.

## Empaque y almacenamiento

Los empaques comúnmente utilizados son la hoja de caña y de plátano, costales de fique y bolsas de papel. Su función es exclusivamente la de contener; éstos no protegen el producto y, al contrario, disminuyen la vida útil de la panea.

Los recipientes de empaque 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 91).

Evitar contaminar las superficies de contacto de la panea y los empaques, con sudor, cabello, cosméticos, tabaco, sustancias químicas y medicamentos que se aplican a la piel.



Figura 91. Panela empacada en termoencogible

## Recomendaciones de buenas prácticas de manufactura -BPM- para la producción de panela

### Para el personal

Los productores deben estar capacitados en la identificación de enfermedades por las cuales exista una probabilidad de contaminar microbiológicamente el producto, como por ejemplo lesiones abiertas, nacidos, llagas, heridas infectadas o cualquier otra fuente de contaminación microbológica; el operario debe ser excluido de cualquier operación que implique estar en contacto con el producto.

### Consideraciones básicas del manipulador de alimentos en el trapiche

Se necesitan unos operarios dispuestos a trabajar higiénicamente:

- Cubrir las heridas.
- Lavarse bien las manos y desinfectarlas.
- Mantener adecuadamente la higiene personal de todos los involucrados en el proceso de producción de panela.
- No usar prendas inseguras que puedan caer en pailas o bateas; remover las joyas de las manos.
- Las prendas utilizadas por el personal en contacto directo con la panela, deben mantenerse en perfecto estado, limpias y en buenas condiciones sanitarias.
- Utilizar en forma efectiva tapabocas, gorro, delantal, guantes y otros.
- No comer, mascar goma, beber o fumar en las zonas de producción de la panela.
- Evitar contaminar las superficies de contacto de la panela y los empaques con sudor, cabello, cosméticos, tabacos, sustancias químicas y medicamentos que se aplican a la piel, o cualquier sustancia ajena al proceso de producción (García, 2004).
- Usar calzado (preferiblemente botas) con suela antideslizante.
- Protección del cuerpo con ropas limpias.
- Se recomienda poner avisos que identifiquen cada una de las áreas que hacen parte del proceso de beneficio.

- Antes de iniciar las labores, los operarios deben verificar que sus elementos de trabajo, como son palas, remellones, cocos, gaveras, mesones, bateas, hornilla, molino, motor, etc., se encuentren en perfecto estado para evitar lesiones personales, como de limpieza, para disminuir el riesgo de contaminar los jugos (Fedepanela, s. f.).

### Trapiches y sus alrededores

- Remover basuras y desperdicios en las inmediaciones de la planta de producción; drenar los alrededores.
- Aislar los sitios de almacenamiento de bagazo de la planta de producción.
- Tener áreas independientes y definidas en la planta como:
  - Zona de recibimiento, lavado y almacenamiento de caña.
  - Zona de extracción de jugos y limpieza.
  - Zona caliente de evaporación y concentración de jugos.
  - Área para el batido, secado, tamizado y triturado.
  - Área de almacenamiento del producto (bodega) y empaque.



**Figura 92.** Panela empacada en bolsa de papel

- Área de carga y descarga.
  - Área de almacenamiento de insumos.
  - Área de almacenamiento del bagazo.
  - Área para el consumo de alimentos de los operarios.
  - Área para servicios sanitarios, lavamanos.
- Mantener limpios y en buenas condiciones pisos (en cemento), paredes, techos y ductos.
- Iluminación adecuada en todas las áreas de la planta; canalizar en tubería PVC todas las instalaciones eléctricas.
- Mantener todos los sitios de la planta libres de animales y plagas.
- Lavar el prelimpiador 2 o 3 veces durante la molienda.
- El suministro de agua debe ser suficiente y de buena calidad.

**Se recomienda  
colocar avisos que  
identifiquen cada  
una de las áreas  
que hacen parte del  
proceso de beneficio.**

- Se debe disponer de un lugar apropiado fuera de la planta, para la disposición de aguas negras o usadas.
- Los ingredientes empleados en el proceso de elaboración de la panela deben ser grado alimenticio (especialmente la cal).
- El uso de plaguicidas o productos químicos para control de plagas debe restringirse al máximo y hacer su aplicación en condiciones especiales.
- La recolección de la caña debe realizarse cuando la planta haya alcanzado la madurez (índice de madurez) adecuada.
- Nunca añadir a la panela Clarol (hiposulfito de sodio), ni colorantes de ningún tipo.
- Filtrar los jugos una vez clarificados y las mieles al final del proceso.
- Dejar enfriar la panela; nunca empacar la panela caliente.
- El almacenamiento de la panela se debe realizar en bodegas limpias, dedicadas exclusivamente para esta labor y con un ambiente seco, de baja humedad relativa. Se recomienda ventilar la bodega y mantenerla lo más aislada posible, para evitar el humedecimiento y contaminación de la panela.



**Figura 93.** Panorámica de trapiche

### **Recomendaciones generales para el manejo higiénico en el trapiche**

- Usar prelimpiador.
  - Enmallar el área de producción en los lados y en el techo.
  - Piso en cemento rústico, en material antideslizante.
  - Mantener los utensilios siempre limpios.
  - No poner el producto ni los utensilios en el piso, sino sobre los mesones.
  - Acceso a agua limpia y fresca.
  - Botar las basuras en una caneca tapada.
- (García et al., 2003)

### **Manejo y mantenimiento de equipos e implementos para el proceso**

Básicamente son los de extracción del jugo (motor y molino), los de prelimpieza, el de evaporación de agua y los de moldeo. El diseño, la operación y el mantenimiento de estos implementos y equipos debe estar enfocado desde los puntos de vista de la seguridad de las operarios, la calidad de la panela, la larga vida útil de los equipos y su eficiencia para la rentabilidad del proceso productivo.

## **Comercialización de la panela**



**Figura 94.** Empacado de la panela

### **Generalidades del mercado**

Las condiciones en que se desarrolla el mercado panelero definen el comportamiento de la oferta por parte de los productores y de la demanda por 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. La panela se exporta a países como Venezuela, Estados Unidos, Suiza, Italia, Francia y los Países Bajos.

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 (García, 2004).

Se destacan dos canales de distribución de la panela: el primero corresponde a las zonas planas del Valle del Cauca y Risaralda; los productores despachan la panela directamente a los supermercados o a las plazas de mercado local, para su venta al consumidor. El segundo corresponde al resto de regiones paneleras del país, típicas de pequeños y medianos productores, en el que interviene una cadena más larga de agentes comercializadores (el acopiador, el mayorista y el minorista o detallista). También se presentan en esta cadena otros intermediarios y cooperativas de productores.

## Variación de precios

La producción panelera y sus precios presentan variaciones 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; la cosecha cafetera, por ejemplo, disminuye el número de molindas por el desplazamiento de trabajadores a la recolección del grano, se reduce la oferta de panela y aumenta su precio. Dentro de los factores climáticos, el de mayor incidencia es el fenómeno del Pacífico, el cual presenta con periodicidad la presencia de años muy secos, con baja producción de caña y altos precios, y de años muy lluviosos, con alta producción y bajos precios.

Para el factor económico se debe considerar que la panela y el azúcar son bienes competitivos o sustitutos, tanto en la producción como en el consumo, ambos son edulcorantes y provienen de la misma especie, caña (*Saccharum officinarum*). El mercado azucarero tiene una incidencia directa sobre la producción y los precios de la panela.

La estructura de la industria azucarera está basada en el uso intensivo del capital, en tanto que la panelera hace un uso intensivo del trabajo. La producción azucarera se destina en gran parte a la exportación y, por tanto, sus precios están influidos por las condiciones del mercado internacional.

La caída de precios de la panela a niveles poco rentables ocasiona un desestímulo al cultivo de nuevas áreas, o que los cultivos de caña para panela no sean mantenidos en forma adecuada, lo que provoca la disminución del rendimiento y de la producción.

La correlación directa de los precios del azúcar y de la panela hace que las políticas que se dicten en materia azucarera y los controles de precios en este producto tengan un impacto en la producción panelera.

## Comportamiento estacional del precio al productor de panela en Colombia (1991 -2005)

Los precios pagados al productor y los pagados por el consumidor en la panela, durante el periodo de diciembre de 1990 a diciembre de 2005, tuvo una tendencia ascendente del 104% en promedio. En el último año ha mantenido una tendencia estable alrededor de 130%.

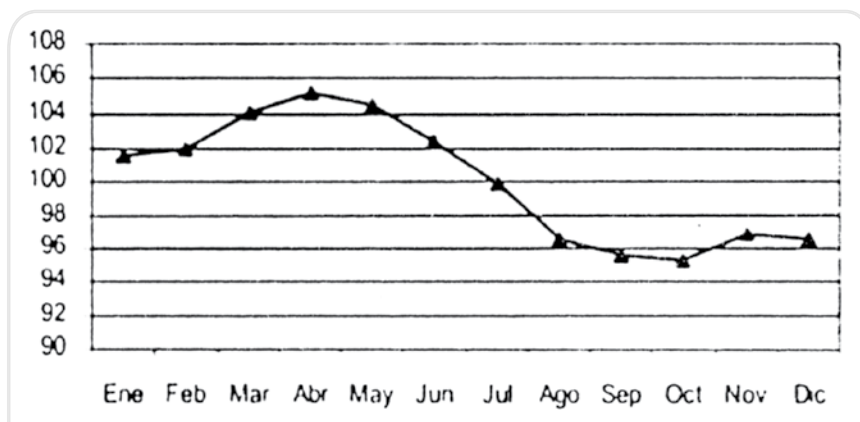
Los precios de la panela en el mercado nacional presentan un marcado patrón estacional: desde enero de cada año los precios de compra al productor y de venta al consumidor ascienden aceleradamente hasta mayo, a partir de ese mes comienzan a descender, con una leve recuperación entre noviembre y enero, meses desde los cuales comienza nuevamente el comportamiento estacional.

Podemos entonces inferir que existen dos momentos en los precios al productor en Colombia durante un año: entre enero y julio los precios son altos (se encuentran por encima de su media), y desde agosto hasta diciembre los precios se deprimen. No obstante, existen diferencias que tienen que ver con los gustos del consumidor, las formas de presentación, la calidad y el peso, entre otras, que hacen muy poco homogénea la curva de precios.

En el plano internacional, cuando los precios del azúcar aumentan, se incrementa su producción con respecto a la producción de panela, con el consecuente aumento de precios de esta última. De esta

manera, el ciclo de precios y de producción de panela está determinado por el comportamiento de los precios y del mercado del azúcar (Mojica y Paredes, 2004).

Igualmente, existe un comportamiento cíclico en los precios de la panela que obedece al período vegetativo de la caña panelera, pero también al efecto de sustitución entre panela y azúcar, que se detalla en el acápite siguiente.



**Figura 95.** Comportamiento estacional del precio al productor de panela en Colombia (1991-2005)

Fuente: Banco de la República. Cálculos observatorio Agrocadenas.

### La competencia del azúcar derretido

La panela viene afrontando una larga pugna con la producción de azúcar. Además de ser bienes sustitutos en la producción de caña -pues tanto la panela como el azúcar provienen de la misma especie vegetal (*Saccharum officinarum*) - también lo son en el consumo, por ser ambas edulcorantes de uso diario. En consecuencia, el comportamiento de la oferta y del precio de una incide directamente sobre la otra. La panela igualmente enfrenta la competencia de edulcorantes dietéticos, la miel de abejas y otros.

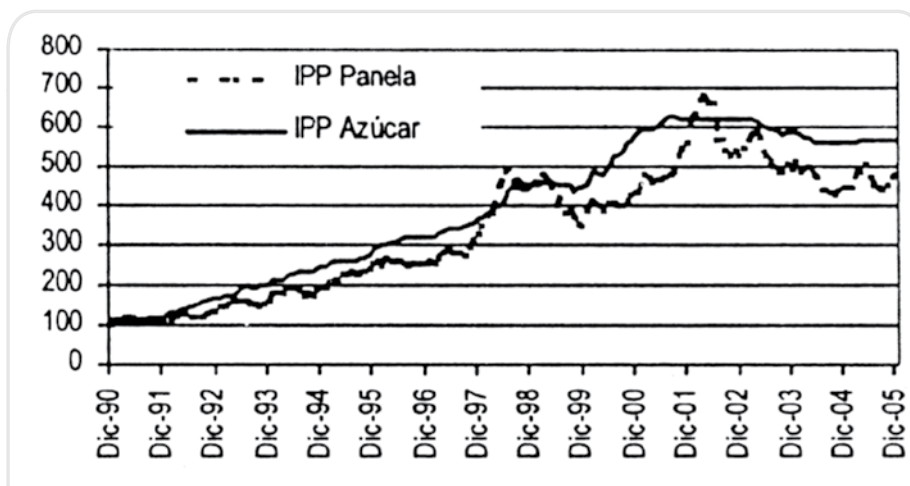
Los estudios de Fedesarrollo han establecido que hay una elasticidad de sustitución entre el azúcar y la panela, desfavorable para esta última, de un  $-0,65\%$ , lo que quiere decir que una disminución del 1% del precio del azúcar provoca una disminución del 0,65% en el consumo relativo de panela. En el mismo sentido, un estudio realizado por Agrocadenas indica que la elasticidad en el precio de la demanda de panela es  $-0,2\%$ , lo cual indica que un incremento en 10% del precio relativo de la panela con respecto al azúcar, reduce el consumo de panela en 2%.

Cuando el azúcar tiene dificultades con la colocación de sus excedentes en el mercado internacional, o el precio de la panela se ubica por encima del precio del azúcar, se acude al recurso delictuoso de derretir azúcar y mieles de ingenio para producir panela adulterada; algunos compiten así ilegalmente con los paneleros y afectan los precios. La panela producida con azúcar o mieles de ingenio no es un alimento sino un edulcorante que se adquiere en el mercado a precios más bajos

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.

o iguales a los de la panela. La Ley 40 de 1990 prohíbe la producción industrial de panela y también los derretideros (Minagricultura, 2006).

Como se observa en la figura 97, los precios del azúcar normalmente se ubican por encima de los precios de la panela; sin embargo, en algunas coyunturas estos últimos alcanzan o sobrepasan a los primeros y se hace atractivo “derretir” azúcar o mieles para la elaboración de panela fraudulenta.



**Figura 96.** Índice de precios al productor de panela y azúcar (dic. 1990-dic. 2005)  
\* Dic. 1990 = 100

Fuente: DANE. Cálculos Observatorio Agrociencias.



**Figura 97.** Diferentes presentaciones de panela

## Márgenes de comercialización

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.

## Problemas de la comercialización

- 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.
- La utilización de azúcar en la fabricación de panela por parte de los derretideros, lo cual ocasiona excesos de oferta y disminución del precio. Además constituye un engaño 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.

La producción  
panelera y sus  
precios presentan  
variaciones  
estacionales y  
variaciones cíclicas.



## Costos de producción

Los costos de producción cambian de acuerdo a la zona productora y al tipo de tecnología empleada. Se cuenta con información proporcionada por Fedepanela para la producción tecnificada en Antioquia y Cundinamarca, la tecnificada de forma empresarial en la hoya del río Suárez, y la producción tradicional y tecnificada en Risaralda. Los costos de producción están divididos en la fase de cultivo de caña y la fase de producción de panela: la primera incluye desde la preparación del terreno, pasando por siembra y control de malezas, hasta el corte y la adecuación del terreno después de la primera cosecha; la fase de producción incluye alce y transporte de caña, el proceso de producción en sí y el transporte al mercado.

En el proceso de producción de panela, la participación de la mano de obra disminuye con respecto al cultivo de caña, pero sigue siendo el componente más importante de los costos, con excepción de Antioquia. En este departamento, el transporte es el componente más importante en los costos (59%), mientras que el de mano de obra es sólo del 20%. En Risaralda, los rubros más importantes también son mano de obra y fletes (Minagricultura, 2006).

Los fertilizantes o correctivos tienen una participación del 15% en la hoya del río Suárez y del 16% en Antioquia, respectivamente. La inversión en herramientas es similar a la de Risaralda y Cundinamarca, pero su participación en los costos es menor, porque los costos de cultivo son superiores en la hoya del río Suárez que en los demás departamentos, por el mayor uso y precio más alto de insumos, fertilizantes, herbicidas y mano de obra.

Los insumos hacen referencia a los combustibles y lubricantes para la hornilla, clarificadores como el balso y el cadillo, antiespumante, reguladores del pH como la cal y los empaques. Con excepción de Cundinamarca, los insumos no tienen participaciones mayores al 20%. (Minagricultura, 2006).

**Tabla 23.** Estructura de costos para el establecimiento de una hectárea en caña panelera

| Concepto                   | Cantidad | Unidad |
|----------------------------|----------|--------|
| <b>A. Mano de obra</b>     |          |        |
| Adecuación de tierra       |          |        |
| Rocería                    | 10       | Jornal |
| Limpieza                   | 3        | Jornal |
| Preparación terreno        | 50       | Jornal |
| Trazado                    | 2        | Jornal |
| Surcado                    | 15       | Jornal |
| Proceso de siembra         |          |        |
| Aplicación correctivos     | 2        | Jornal |
| Aplicación fertilizantes   | 4        | Jornal |
| Tapar fertilizantes        | 2        | Jornal |
| Transporte semilla – regar | 5        | Jornal |

|                           |            |               |
|---------------------------|------------|---------------|
| Siembra                   | 20         | Jornal        |
| Resiembra                 | 2          | Jornal        |
| Control arvenses          | 40         | Jornal        |
| <b>Total mano de obra</b> | <b>155</b> | <b>Jornal</b> |

|                         |          |           |
|-------------------------|----------|-----------|
| <b>B. Insumos</b>       |          |           |
| Semilla                 | 8        | Toneladas |
| Transporte semilla      | 8        | \$        |
| Cal                     | 10       | Bultos    |
| Fertilizante químico    | 12       | Bultos    |
| Urea                    | 2        | Bultos    |
| Materia orgánica        | 20       | Bultos    |
| Transporte fertilizante | Variable | \$        |
| Análisis de suelos      | 1        | \$        |

**Tabla 24.** Estructura de costos para el sostenimiento de una hectárea en caña panelera

| Concepto                  | Cantidad  | Unidad        |
|---------------------------|-----------|---------------|
| <b>A. Mano de obra</b>    |           |               |
| Cepillado – Despaje       | 10        | Jornal        |
| Aplicación correctivo     | 2         | Jornal        |
| Aplicación fertilizante   | 4         | Jornal        |
| Control arvenses          | 30        | Jornal        |
| Resiembra                 | 2         | Jornal        |
| <b>Total mano de obra</b> | <b>48</b> | <b>Jornal</b> |
| <b>B. Insumos</b>         |           |               |
| Cal                       | 10        | Bultos        |
| Fertilizante Químico      | 12        | Bultos        |
| Urea                      | 2         | Bultos        |
| Elementos menores         | 1         | Bultos        |
| Trasporte fertilizante    | Variable  | Variable      |

**Tabla 25.** Beneficio panela – Costos (para 100 cargas de panela)

| Concepto               | Cantidad    | Unidad                  |
|------------------------|-------------|-------------------------|
| <b>A. Mano de obra</b> |             |                         |
| Corte                  | 40          | Jornal                  |
| Alce                   | 12          | Jornal                  |
| Transporte caña ramada | 20          | Jornal                  |
| Mete caña              | 100 (horas) | Trabajador/carga panela |
| Arrimador de caña      | 80 (horas)  | Trabajador/carga panela |
| Bagaceador verde       | 100 (horas) | Trabajador/carga panela |
| Hornero                | 100 (horas) | Trabajador/carga panela |
| Contrahornero          | 100 (horas) | Trabajador/carga panela |

|                             |             |                         |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|
| Atizador                    | 100 (horas) | Trabajador/carga panela |
| Bagaceador seco             | 100 (horas) | Trabajador/carga panela |
| Pesadores                   | 100 (horas) | Trabajador/carga panela |
| Empacador                   | 100 (horas) | Trabajador/carga panela |
| Aseo equipos y herramientas | 3           | Jornal                  |
| Transporte al carro         | 8           | Jornal                  |

| <b>B. Insumos</b>           |          |          |
|-----------------------------|----------|----------|
| Cal (Calcical)              | 4        | Kilos    |
| Manteca vegetal             | 5        | Libras   |
| Combustible (ACPM)          | 28       | Galones  |
| Lubricantes (Aceite motor)  | 10       | Cuartos  |
| Grasa                       | 3        | Tarros   |
| Bolsas (24 kilos de panela) | 416      | Bolsas   |
| Fibra                       | 2        | Rollos   |
| Transporte panela           | 416      | Bolsas   |
| Material aseo – equipos     | Variable | Variable |

## Manejo de proveedores

Es necesario que el proveedor presente la siguiente documentación:

- Certificado de constitución y gerencia (Cámara de Comercio).
- Copia del NIT, RUT, o cédula de ciudadanía.
- Razón social o nombre.
- Referencias comerciales.
- Certificados bancarios (salud financiera) opcional.
- Lista de precios productos/servicios ofrecidos, forma de pago (fichas técnicas).
- Certificados de calidad (opcional).
- Resultados microbiológicos.
- Concepto sanitario vehículos/instalaciones.
- Requisitos básicos para proveer el producto (especificaciones, precio, cantidades, forma de pago, etc.).

## Clasificación de los proveedores

*Categoría A<sub>1</sub>*: proveedor altamente confiable, posee un sistema de calidad (certificado o en proceso), productos suministrados en excelentes condiciones, baja devolución.

*Categoría A<sub>2</sub>*: proveedor confiable, posee sistemas de calidad propios, los productos se suministran en buenas condiciones, buena regularidad en el suministro de productos.

*Categoría A<sub>3</sub>*: proveedor poco confiable, no tiene sistema de calidad, los productos presentan frecuentemente problemas de calidad, se deben inspeccionar rigurosamente los pedidos.

Para que una fábrica o empresa pueda ser aceptada como proveedor de productos/servicios críticos deberá aprobar, como mínimo, el puntaje mínimo señalado en los formatos aplicables. No obstante, si una vez alcanzado este porcentaje se observa alguna falla o diferencia que pueda afectar la inocuidad, confiabilidad o veracidad del producto/servicio, éste deberá ser rechazado.

El seguimiento a los proveedores se realiza evaluando el cumplimiento de las especificaciones y condiciones contractuales de los productos o servicios solicitados (INTAL, 2005).

## Glosario

**Aglutinantes:** Sustancia que, por efecto del calor, reúne los sólidos coloidales y colorantes de los jugos de la caña, y que se tienen como impurezas en la elaboración de la panela.

**Apronte:** Acción de recolectar la caña cortada, transportarla desde el sitio del cultivo hasta el trapiche y almacenarla.

**Bagazo:** Residuo que resulta después de la extracción del jugo de caña.

**Banco de germoplasma:** Colección de diversidad y variabilidad de una especie y taxa relacionadas, manejada de acuerdo con un conjunto de normas y procedimientos técnicos estándares.

**BPA:** Buenas Prácticas Agrícolas; conjunto de prácticas que buscan garantizar la inocuidad de los productos agrícolas, la protección del ambiente, la seguridad y el bienestar de los trabajadores y la sanidad agropecuaria.

**BPM:** Buenas Prácticas de Manufactura; principios básicos y prácticas generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de alimentos para consumo humano.

**Brix:** Es la concentración de una solución de sacarosa pura en agua, que tiene la misma densidad que la solución a la misma temperatura.

**Cachaza:** Residuo resultante durante la clarificación del jugo de caña, que se separa por decantación en dos clarificadores.

**Cárter:** Envoltura que protege un engranaje, un motor, otros.

**Cerosina:** Compuesto de apariencia cerosa que cubre los entrenudos en los tallos de la caña.

**Chorillo:** Sistema de siembra que consiste en poner los cangres o trozos de semilla de manera continua en una sola hilera en el surco de siembra.

**Chulquines:** Brotes de yemas laterales en el tallo de la caña aún estando en desarrollo; también se les llama lalas.

**Cogollo:** Es la parte superior del tallo, con dos o tres entrenudos, con yemas vegetativas y las hojas o palmas, se constituye en la parte más tierna de toda la planta. Muy utilizado en la alimentación animal.

**Compostaje:** Proceso mediante el cual los materiales orgánicos se transforman en formas químicas más estables por la acción de micro y macroorganismos.

**Élitros:** Alas anteriores de consistencia resistente en los cucarrones.

**Entresaque o desguíe:** Práctica de cosecha que consiste en recolectar las cañas maduras, dejando en el campo las inmaduras para recolección posterior.

**Gavera:** Conjunto de moldes, comúnmente de madera, utilizados para dar forma a la panela.

**Glúcidos:** Son compuestos (azúcares) de una gran importancia para los seres vivos, pues constituyen una fuente energética de primer orden.

**Grados Brix:** Medida utilizada en unidades porcentuales para determinar el contenido total de sólidos solubles en el jugo de la caña.

**Hornilla:** Horno elaborado en ladrillo y barro empleado para la cocción y concentración de los jugos de la caña

**Invertasa:** Enzima empleada para realizar la inversión de la sacarosa.

**Lalas:** Chulquines.

**Macollamiento:** Etapa del cultivo de la caña, en la cual se incrementa el número de brotes o tallos después de la germinación o corte.

**Mateado:** Sistema de siembra de caña, en el que se utilizan 2 o 3 esquejes de 3 yemas por hoyo; la semilla se pone parada, se emplea mucho el cogollo.

**Me:** Área agroecológica para caña panelera, tierras de planicies aluviales, relieve ligeramente ondulado a quebrado, precipitación 1.000 – 4.000 mm, suelos constituidos por cenizas volcánicas, son moderadamente profundos, bien drenados y de fertilidad moderada a baja.

**Melote:** Es un subproducto de la agroindustria panelera que resulta de la deshidratación o cocinado de la cachaza y es utilizado en la alimentación animal.

**Meristemos:** Parte de una planta en crecimiento donde las células se dividen y se forma nuevo tejido permanente de la planta.

**Metabolitos:** Cualesquiera de las sustancias inorgánicas u orgánicas, tales como agua o dióxido de carbono, aminoácidos o vitaminas que participan en el metabolismo.

**Mf:** Área agroecológica para caña panelera, tierras de las cordilleras y altiplanicies; de relieve fuertemente quebrado; precipitación 1.000 a 4.000 mm anuales; suelos constituidos por cenizas volcánicas, moderadamente profundos, bien drenados; fertilidad baja a media.

**Monocotiledónea:** Clase de las angiospermas, en las que las semillas tienen un cotiledón u hoja germinal.

**Ovipositar:** acción de depositar los huevos en el exterior un insecto, a través de una estructura tubular o valvular.

**Paila:** Recipiente donde se evapora el agua de los jugos de la caña; las pailas pueden ser semiesféricas, planas, aleteada, pirotubular.

**Panela:** Alimento para consumo humano. Producto sólido que se obtiene a través de la evaporación y concentración de los jugos de la caña de azúcar.

**Parental:** Sucesión de generaciones que conduce a generaciones filiales.

**Predadoras (predator):** Proceso mediante el cual ciertos animales obtienen su alimento matando y devorando a otros animales

**Refractómetro:** Equipo que mide el porcentaje de sólidos solubles de una sustancia y lo expresa en grados Brix.

**Roturar:** Arar por primera vez una tierra para empezar a cultivarla.

**Seruda:** O melcochuda, se dice de la panela que no tiene buen grano, es difícil de partir y se usa mucho para consumir con la mazamorra (alimento a base de maíz, líquido con grano, propio de la dieta antioqueña).

**Traslapes:** Sistema de siembra en el que se hace una hilera continua de semilla y se superpone un trozo por cada dos.

**Volcamiento:** Desprendimiento de raíz de las plantas de caña.

## **Bibliografía**

- ABBOTT, B. B. 1983. Red rot of sugar cane. U. S. Agr. Tech. Bull. N.º 641, pp.1-96.
- ARBOLEDA, R. F., *et al.* 1979. El cultivo del maíz intercalado en siembras de caña de azúcar. Trabajo presentado al VIII Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos, Bogotá, (s. i.). 20 pp.
- ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. 2005a. Lineamientos para desarrollar estudios de caracterización de aguas residuales industriales. Medellín. Colombia. 31 pp.
- \_\_\_\_\_. 2005b. Evaluación técnica y económica de tecnologías para reuso de aguas de proceso en industrias de los sectores alimentos, textil, curtimbres y galvanoplastia. Medellín. Colombia. 153 pp.
- BOX, H. E. 1950. List of sugar cane insects. Commonwealth Institute of Entomology, Londres. 101 pp.
- BULLEN, F. T. y McCUAIG, R. D. 1969. Locusts and grasshoppers (Acridoidea) as pests of sugar cane. En: Williams, J. R. *et al.*, (eds.) Pest of sugar cane. Elsevier, Ámsterdam, pp. 391-409.
- CASSALETT, D. C. y RANJEL, J. H. (s. f.). Mejoramiento genético. Cenicaña. Cali (Colombia). 18 pp.
- CENICAÑA. 1992. Semilleros y siembra de caña de azúcar. Serie técnica N.º 6. Cali (Colombia). 10 pp.
- \_\_\_\_\_. 1992. Catálogo de variedades. Serie técnica N.º 11. Cali (Colombia). 39 pp.
- CÉSPEDES, M. M. 1982. Memorias del Segundo Seminario de Tecnología Moderna de la Caña de Azúcar.
- COORDINACIÓN COLEGIADA DEL COMITÉ TÉCNICO SUBREGIONAL DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO. 2003. Matriz de la cadena agroindustrial panelera para el Oriente antioqueño. Rionegro, Antioquia (Colombia). 15 pp.
- CORNARE – MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO. 1996. Estufas eficientes y huertos leñeros. Cartilla. Santuario, Antioquia. 14 pp.
- CORPOICA – SENA. 1998. Manual de caña de azúcar para la producción de panela. Bucaramanga (Colombia). 145 pp.
- CORREA, C. I. 1977. Nociones elementales de suelos. Secretaría de Agricultura y Fomento de Antioquia. Medellín. 118 pp.
- DURÁN, C. N. *et al.* 1992. Clarificación, evaporación, concentración, batido, moldeo y empaque de la panela. ICA – CIMPA. Barbosa, Santander.
- EBERHARD, W. 1977. La ecología y comportamiento de los adultos del cucarrón *Podischnus agenor*. Revista Colombiana de Entomología. N.º 3, pp. 17-21.
- ESQUIVEL, E. A. 1981. El perforador gigante de la caña, *Castnia licus* Drury, y su control integrado. En: Segundo Seminario Interamericano de la caña de azúcar: Plagas de insectos y roedores. Memorias. Miami, pp. 289-304.
- FEDEPANELA – SECRETARÍA DE AGRICULTURA DE ANTIOQUIA. 2002. Acuerdo Regional de Competitividad de la Cadena Agroindustrial de la Panela en Antioquia. Medellín, Colombia. 63 pp.

FEDEPANELA (s. f.) Recomendaciones para el adecuado manejo ambiental y sanitario de un trapiche panelero. Bogotá. 16 pp.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. 1989. Plantas forrajeras: Proteína barata para el ganado. Boletín de Extensión N.º 64. Bogotá. 21 pp.

FENAVI, FONAVI. Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares -GIEM- (s. f.) Producción de compost en la Industria Avícola. Cuadernos Avícolas N.º 11. Universidad de Antioquia. Medellín. 29 pp.

GARCÍA, B. H. 2004. Oportunidades de producción más limpia en la agroindustria panelera. Programa de procesos agroindustriales. Corpoica. C. I. Tibaitatá. Mosquera, Cundinamarca (Colombia). 102 pp.

\_\_\_\_\_. 2006. Programa de procesos agroindustriales. Corpoica. Centro de Investigación Tibaitatá. Mosquera, Cundinamarca.

García B., H. *et al.* 2007. Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera. Corpoica - Ministerio de Agricultura, Tibaitatá, Cundinamarca (Colombia). 152 pp.

GARCÍA, B. H. y VANZANTEN, C. V. 2003. Elaboración manual de la panela granulada. Programa de procesos agroindustriales. Corpoica – Pronatta, Centro de Investigación Tibaitatá. Mosquera, Cundinamarca (Colombia).

GARCÍA, J.; CARDONA, C. y RAIGOSA, J. 1980. Evaluación de poblaciones de insectos plaga en la asociación caña de azúcar – fríjol y su relación con los rendimientos. Revista Colombiana de Entomología. Vol. 5 N.º 1, pp. 17-24.

GAVIRIA, J. D. 1990. El control biológico de los insectos plaga de la caña de azúcar en Colombia. En: Tercer Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (Tecnicaña). Memorias del curso dictado en Cali, del 28 de julio al 1.º de agosto de 1986, pp. 181-197.

GÓMEZ, A. F. 1959. El registro agronómico de Clement's y su aplicación en Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cria. Caracas (Venezuela). 125 pp.

GÓMEZ, L. A. y GAVIRIA, M. 1984. El barrenador gigante de la caña de azúcar (*Castnia sp.*) en Colombia. En: Memorias del Primer Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (Tecnicaña). Tomo 1, pp.185-194.

GÓMEZ, L. L. y LASTRA, B. L. (s. f.) Insectos asociados con la caña de azúcar en Colombia. Cenicaña. Cali, pp. 237-258.

HARRIS, W. V. 1969. Termites as pests of sugar cane. En: Williams, J. R. *et al.* (eds.). Pests of sugar cane. Elsevier, Amsterdam, pp. 225 -235.

HUGOT, E. 1982. Manual para ingenios azucareros (traducción de Carlos Ruiz Couthino). México, Continental.

HUMBERT, R. P. (s. f.) Cómo el suelo afecta el éxito de la caña de azúcar. Agricultura de las Américas. Vol. 19, N.º 6, pp. 32-51.

ICA. 1981. Industrialización de la caña. Compendio N.º 42. Medellín (Colombia).

INSUASTY, B. O. *et al.* 2003. Catálogo de variedades de caña para la producción de panela en la hoya del río Suárez. Corpoica. E. E. CIMPA, Barbosa, Santander (Colombia).

INTAL. 2005. Instructivo evaluación de proveedores. Medellín, Colombia. 7 pp.

KHANNA, R.; ROSALES, R. y MARTÍNEZ, O. 1983. Respuesta de la caña al nitrógeno, fósforo y potasio. I. Arreglo caña intercalada maíz/fríjol. Revista ICA. Colombia

LONDOÑO, A. E.; GARCÍA, C. y GÓMEZ, L. A. 1984. Control integrado del gusano cabrito (*Caligo ilioneus cramer*) en caña de azúcar. En: Memorias del Tercer Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen). Pasto (Colombia), p. 61.

LONDOÑO Z. L. F. 1996. Huertos leñeros asociados a hornillas eficientes y hornos paneleros. Cornare. Informe final pasantía. Santuario.

LÓPEZ, L. G. y OSORIO, C. G. 2005. Conservación, siembra, manejo y utilización de las especies aglutinantes más importantes en la agroindustria panelera. Boletín Técnico 25. Corpoica – Corantioquia. Medellín. 75 pp.

MANRIQUE, E. R. 1992. Suelos, nutrición y fertilización en caña panelera. ICA – CIMPA. Barbosa (Colombia). 34 pp.

MANRIQUE, E. R. e INSUASTY, O. 2000. Programa de procesos agroindustriales. Corpoica – E. E. CIMPA. Barbosa, Santander.

MANRIQUE E., R. *et al.* 1992. Avances de resultados de las actividades ejecutadas en 1992 por el programa caña panelera. ICA – CIMPA. Barbosa. 31 pp.

\_\_\_\_\_. 2000. Manual de caña de azúcar para la producción de panela. Corpoica. E. E. CIMPA. Barbosa, Santander, p. 154.

MARTÍNEZ H., H. E. 1989. El componente forestal en los sistemas de finca de pequeños agricultores. Centro Agronómico Tropical e Investigación y Enseñanza -CATIE-. Boletín Técnico N.º 19. Turrialba, Costa Rica. 79 pp.

MATHES, R.; MECORMICK, W. J. y CHARPENTIER, I. J. 1968. Components of aggregate crop loss caused by the sugar cane borer. Proc. Int. Soc. Sugar cane technol. N.º 13, pp. 1296-1299.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, OBSERVATORIO AGROCADENAS COLOMBIA. 2004. Costos de producción de caña de azúcar en Colombia. Documento de trabajo N.º 47. Bogotá, Colombia. 8 pp.

\_\_\_\_\_. 2006. La cadena agroindustrial de la panela en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica. 1991-2005. Documento de trabajo N.º 103. Bogotá. 23 pp.

MOJICA, AMILCAR Y PAREDES, JOAQUÍN. 2004. El cultivo de la caña panelera y la agroindustria panelera en el departamento de Santander, Centro Regional de Estudios Económicos. Banco de la República. Bucaramanga.

MUÑOZ, A. R. 1976. Suelos, nutrición y fertilización de caña para panela. Medellín (Colombia). 5 pp.

\_\_\_\_\_. (s. f.) Suelo y clima para caña panelera en Colombia. Medellín. 24 pp.

OLIVERIO, C. y DE LA CRUZ, U. R. 1981. Control de malezas en caña de azúcar. Industrialización de la caña. ICA. Palmira, Valle del Cauca (Colombia).

PRADA, F. E. 2002. Mejoramiento en la calidad de miel y panela. Pronatta – Corpoica – Cimpa. Barbosa, Santander (Colombia). 24 pp.

PRADA, F. E. y PARRA, G. R. (s.f.) El cuarto de moldeo en la producción de panela. Plegable. Barbosa, Santander (Colombia).

PRODEPAZ. 2004. Manual para el cultivo y beneficio de la caña panelera bajo parámetros de producción limpia (s. i.) Rionegro, Antioquia (Colombia). 32 pp

RAIGOSA, J. D. 1981. Manejo del taladrador de la caña de azúcar en un ingenio azucarero. En: Memorias del Segundo Seminario Interamericano de la caña de azúcar: plagas de insectos y roedores. Memorias. Miami, pp. 337-352.

RAMOS, N. G. 1993. Curso de caña de azúcar. Universidad Nacional, Facultad de Agronomía. Palmira. (s. i.) 94 pp.

REVISTA EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. 1988. Sistemas elementales para el manejo de aguas residuales. Sector rural y semi- rural. Vol. 10, N.º 2. Medellín (Colombia).

RODRÍGUEZ, B. G. 1995. La agroindustria panelera colombiana. Análisis de la producción, distribución y consumo. Corpoica. Bogotá (Colombia). 23 pp.

SANDOVAL, S. G. 1992. Operación y rendimiento de los molinos paneleros. ICA, Regional 7. Barbosa, Santander (Colombia).

TECNICAÑA. 1986. El cultivo de la caña de azúcar. Memorias curso. Cali (Colombia). 473 pp.

TOSCANO, A. 2006. Programa de procesos agroindustriales. Corpoica, Centro de Investigación Tibaitatá. Mosquera, Cundinamarca (Colombia).

## **Créditos figuras**

Archivo Corpoica: 1, 2, 26, 55, 61, 67, 69

Banco de la República: 95

Dane: 96

Duran, 1992: 77

Empresas Públicas de Medellín: anexo1 (2, 3)

Humbert, 1974: 3, 4

Insuasty B. Orlando, 2003: 7

J. M. Estrada: 56, 57, 60

Jairo Ulloa: 58

Técnicaña: 5, 6, 8, 9

## **Crédito de fotografías**

Archivo Corpoica: 10, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 32, 38, 41, 43, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 59, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 97, anexo 1 (1) anexo 2 (1, 2)

Cenicaña: 14, 33b, 34, 39a, 42, 44, 48, 50

Finca El Diluvio: 62

Google stri.discoverlife.org: 40

ICA: 12, 16

Internet: 39b

Manual de Caña de Azúcar para la Producción de Panela: 29, 30, 31, 33a, 35, 36

www.novaciencia.com: 37

# Anexos

## Anexo 1. Programa para la disposición de residuos

En la producción de panela se generan aproximadamente 500 litros de aguas residuales por tonelada de panela durante el lavado de mesones, gaveras y pisos del cuarto de batido y moldeo. Al finalizar la molienda, se suman otros 4 a 10 metros cúbicos producto del lavado del equipo de molienda, de las pailas y de pisos del área de hornilla. Esta agua contiene cerca de 0,5% de sólidos disueltos, en su gran mayoría azúcares que favorecen el crecimiento de microorganismos; este 0,5% referido es el que requiere ser removido para que el agua pueda ser reutilizada.

Adicionalmente, en la Unidad Productiva Finca Trapiche -UPFT- se generan aguas residuales provenientes de las instalaciones sanitarias, la cocina y los lavaderos que también requieren un tratamiento para su incorporación al medio, en una forma segura y sin afectarlo. Si las aguas no se tratan, contaminan el suelo de los alrededores del trapiche, producen olores desagradables, y favorecen la contaminación cruzada y el crecimiento de insectos, principalmente moscos.

En otros casos, cuando el agua residual se arroja a fuentes de agua, ésta se acidifica, fermenta y contribuye al desarrollo de microorganismos que afectan otros seres vivos del agua, principalmente insectos y peces, que mueren por falta de oxígeno; este proceso se llama eutrofización y, en casos extremos, podría producir la muerte de toda forma de vida en un cuerpo de agua (García *et al.*, 2007).

En otro aparte del presente documento se presenta un sistema para el tratamiento de aguas residuales, que consta de un tanque séptico.

### Compostaje

El compostaje es el proceso mediante el cual los materiales orgánicos se transforman en formas químicas más estables por la acción de micro y macroorganismos, en interacción con factores químicos, físicos y ambientales, bajo condiciones adecuadas de humedad, temperatura y aireación.

Dado que el proceso de compostaje está basado en una actividad natural, su invención u origen no están claros en el tiempo, y más bien se asocian a la forma espontánea como algunas culturas retornaban al suelo los desechos de las cosechas, mezclados con estiércoles. En los años veinte, y por analogía con el manejo agrícola, se establecieron alternativas para el procesamiento de los desechos sólidos urbanos de origen orgánico.

Históricamente, ya en la cultura romana y poco antes de nuestra era, se había reparado en la importancia de aplicar al suelo el compost -materia orgánica estabilizada mediante biotransformaciones-, para mantener la fertilidad en los suelos agrícolas.

En 1951, la Universidad de California inicia una serie de investigaciones sobre el tratamiento aerobio de los desechos sólidos que, sumadas a las realizadas por la Universidad de Michigan a escala de laboratorio, permitieron el comienzo de la dilucidación de las leyes que rigen el proceso de compostación y la determinación de la temperatura, el pH, la humedad y la aireación como variables macroscópicas determinantes de la eficiencia.

El proceso se considera como una biotransformación que se desarrolla con el ánimo de evitar la contaminación orgánica, o de generar un producto (enmienda o abono) o, en el mejor de los casos, ambos.

El proceso de compostación es definido como el proceso de degradación biooxidativo y catabólico seguido de un proceso de resíntesis de un sustrato orgánico sólido, a través de organismos descomponedores endémicos (normalmente artrópodos y microorganismos), hasta la obtención de un producto heterogéneo, denominado compost, con apariencia completamente independiente del material de origen, y que se caracteriza por su estabilidad química y sanitización.

En términos muy simples, en el proceso de compostación la materia orgánica presente constituye el alimento de los organismos descomponedores, lo que significa que es necesario cumplir con una serie de requerimientos nutricionales para el proceso de producción de compost.

*Se necesitan básicamente materias que contengan altas concentraciones de nitrógeno, tales como la gallinaza u otros estiércoles y, por otro lado, materiales con alta concentración de carbono (aserrín, paja, desechos de cosecha o de plaza de mercado) que al mezclarse dan las proporciones óptimas para iniciar el proceso (tablas 26, 27 y 28) (Fenavi-Fonavi, GIEM, s.f.).*

**Tabla 1.** Formulación con aserrín

| Ingredientes          | Proporción en volumen | Proporción en peso | Kilos | %   | Porcentaje de humedad |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|-------|-----|-----------------------|
| Gallinaza jaula       | 2                     | 1,5                | 1.500 | 86  | 58                    |
| Arroz                 | 2                     | 0,25               | 250   | 14  | 2                     |
| <b>Total promedio</b> | ---                   | ---                | 1.750 | 100 | 52,8                  |

Fuente: Fenavi – Fonavi, GIEM

El material vegetal debe ser lo más seco posible para que pueda absorber buena parte del agua de la gallinaza y permita disminuir su aspecto fangoso, característico del material fresco. También es importante que la humedad total de la mezcla no exceda el 60%.

**Tabla 2.** Formulación con bagazo

| Ingredientes          | Proporción en volumen | Proporción en peso | Kilos | %   | Porcentaje de humedad |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|-------|-----|-----------------------|
| Gallinaza jaula       | 1                     | 0,75               | 750   | 83  | 58                    |
| Bagazo                | 1,5                   | 0,15               | 150   | 17  | 70                    |
| <b>Total promedio</b> | ---                   | ---                | 900   | 100 | 60                    |

Fuente: FENAVI – FONAV, GIEM

**Tabla 3.** Formulación con pasto de corte

| Ingredientes          | Proporción en volumen | Proporción en peso | Kilos | %   | Porcentaje de humedad |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|-------|-----|-----------------------|
| Gallinaza jaula       | 1                     | 0,75               | 750   | 73  | 58                    |
| Pasto de corte        | 0,5                   | 0,15               | 150   | 15  | 80                    |
| Aserrín               | 1                     | 0,12               | 120   | 12  | 20                    |
| <b>Total promedio</b> | ---                   | ---                | 1.020 | 100 | 56,7                  |

Fuente: FENAVI – FONAV, GIEM

## Lo que se debe tener en cuenta para producir compost

Las bacterias y hongos responsables de la mayor parte de la biotransformación del compost son aeróbicos; por lo tanto, la aireación constituye un factor crítico, dado que el tiempo del proceso puede ser reducido significativamente cuando el oxígeno disponible no es una limitante. Otro factor determinante del proceso es la humedad en la que se mantiene el sistema. Exceso o defectos de humedad condicionan tanto la velocidad como la calidad.

### Humedad

Para que el proceso se dé en condiciones óptimas, los valores de humedad deben estar comprendidos en el intervalo 40–60%. Cuando el material es demasiado seco (menor de 40%), se debe aumentar la humedad con riego.

### Aireación

Dada la condición aerobia de la mayoría de los organismos involucrados, la aireación es indispensable para que se dé una rápida transformación de la mezcla original. La frecuencia de la aireación o número de vueltas de la pila dependen principalmente del contenido de humedad de la gallinaza inicial.

- Si el contenido de humedad es inferior a 60%, el primer volteo debe ser hecho al tercer día.
- Humedad 50 – 60%: volteo a intervalos de dos días con un total de 4 a 5 vueltas.
- Humedad 40 – 50%: volteo a intervalos de tres días, total de 3 a 4 vueltas.
- Humedad por debajo de 40%: agregar agua.
- Si la humedad es superior a 60%, la pila debe ser volteada todos los días.

### Nutrientes

Los nutrientes para los organismos descomponedores deben estar en ciertas proporciones y cantidades adecuadas: de 20 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno. La gallinaza presenta tan sólo de 6 a 10 partes de carbono por una de nitrógeno; para suplir esta diferencia se proponen mezclas con materiales vegetales.

## Tamaño de la partícula

La molienda de las materias primas, previa a la digestión, favorece varios aspectos: proporciona mejor aireación al inicio, un material más homogéneo y, por ende, permite una manipulación más adecuada. El triturado hace que el material sea más susceptible a la invasión microbial, mediante una mayor superficie de exposición.

El tamaño adecuado para una buena compostación está por debajo de los 3 cm. Sin embargo, el material debe ser tamizado o molido a una dimensión de un cm o menos.

## Cómo producir compost

Para el montaje de las pilas se requiere, inicialmente, la elección de un sitio apropiado para el procesamiento de los desechos, el cual debe contar, entre otros, con fácil acceso, superficie levemente inclinada y firme, que esté cerca a la granja, rodeado de barreras naturales y bajo techo.

La mezcla de los materiales se debe realizar en el mismo lugar donde se armará la pila. Primero, se deposita el material vegetal y se extiende; sobre él se descargan los estiércoles que también se extienden, y luego se procede a dar varios volteos hasta lograr homogenizar los materiales (Fenavi-Fonavi-Grem).



**Figura 1.** Tamaño de las pilas de compost.

## Residuos para compostar

*Materiales vegetales:* corresponde a materiales verdes o viejos de las plantas, residuos de cosecha, paja, rastrojos o materiales leñosos. Estos materiales tienen un contenido relativamente bajo de nitrógeno y alto de agua, y están constituidos principalmente por compuestos carbonados como la celulosa. Se deben mezclar con estiércoles o lodos, como fuente extra de nitrógeno.

*Hoja de caña:* la hoja de caña es un residuo de la cosecha de la caña y del deshoje natural de la planta. Las hojas secas poseen cerca del 48% de materia seca y un contenido de fibra bruta del 42%; presenta una elevada relación carbono nitrógeno, (62:1, aproximadamente).

*Cogollo y caña integral:* El cogollo o palma y la caña integral se usan principalmente para la alimentación de equinos de labor, bovinos y ovinos. La producción de los bovinos se ve favorecida o afectada, de acuerdo

a la calidad y cantidad de forraje que se utilice para su alimentación. Se estima que en el cultivo quedan entre 12 y 26 t/ha de hoja y cogollo.

El forraje de caña presenta bajos niveles de proteína pero tiene buen contenido de carbohidratos, lo que hace que sea un material ideal para asociar con leguminosas forrajeras que poseen alto contenido de proteína; así se logra un suplemento de excelente calidad.

Los cogollos de caña (20 t/ha) después de la cosecha se recolectan y se pican asociados con leguminosas para ensilarlos y utilizarlos es las épocas de escasez de alimento. Por tratarse de un material verde, presenta un alto contenido en sustancias nutritivas y una relación C:N media (40:1), favorable para la descomposición.

*Bagazo:* El bagazo es el material fibroso que sale de los molinos después de la extracción del jugo de la caña. Además del agua, el bagazo tiene material insoluble, principalmente celulosa (que constituye la fibra del bagazo), azúcares e impurezas. Por los azúcares y la estructura porosa, el bagazo constituye un excelente material para ser compostado, pues es digerido rápidamente por la acción microbial.

*Bagacillo:* El bagacillo es el material de residuo de la prelimpieza de los jugos. Está constituido por fibras livianas muy pequeñas, ricas en agua y azúcares y partículas orgánicas.

*Excretas animales:* están compuestas por heces fecales y orina de las especies pecuarias, mezcladas con residuos del material usado como cama y del alimento, y una cantidad variable de agua proveniente de los bebederos.

Las características del estiércol varían significativamente entre las especies animales (aves, cerdos, ganado, ovinos y caprinos).

Las excretas poseen una cantidad considerable de humus, son el residuo de mayor aporte en cuanto a contenido de nutrimentos para su uso como fertilizante o acondicionador de suelos. El nitrógeno de las excretas es el elemento de mayor aporte para la fertilización. La gran mayoría del nitrógeno de las heces fecales es orgánico, mientras que la totalidad de la orina es amoniacal.

El contenido de fósforo en el estiércol de cerdos y aves es alto, porque estas especies consumen dietas consistentes en granos de cereales y tortas de semillas oleaginosas, de los cuales la mayor parte del fósforo (60 a 80%) no es absorbido en el tracto digestivo y se excreta en el estiércol.

El mayor problema del manejo de las excretas es su elevado contenido de agua, que varía del 70 al 95% (García *et al.*, 2007).

## **Caracterización de aguas residuales industriales**

El agua es fundamental en numerosos procesos y aplicaciones agroindustriales. Las necesidades de agua son muy variadas, tanto en cantidad como en calidad, según los sectores, pero de forma general puede decirse que los principales usos del agua corresponden a las siguientes operaciones: lavado de productos (insumos) y equipos utilizados en el proceso de beneficio de la caña, producción de energía eléctrica (mecánica), acondicionamiento de aire, extinción de productos incandescentes, agua potable para consumo humano, transporte de productos, adición de agua a los productos, enfriamiento o calentamiento del producto, refrigeración etc.

El agua, luego de ser utilizada, se descarga a los sistemas de alcantarillado locales o directamente a los cuerpos de agua. El agua vertida puede tener diferentes características físicas, químicas y biológicas, dependiendo del proceso productivo en que haya sido utilizada.

Muchas veces, la generación de aguas residuales en la industria panelera con altas cargas contaminantes se debe a la falta de conocimiento acerca de su manejo integral, al uso ineficiente de materias primas e insumos, o al uso de tecnología obsoleta ineficiente o poco apropiada (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005a).

El trabajo de gestión ambiental en la agroindustria, supone la identificación de la problemática particular que enfrenta una empresa en términos de la contaminación que genera, así como de la eficiencia del proceso que realiza. En los últimos años, es claro el esfuerzo de diferentes esferas de la sociedad colombiana por incorporar criterios ambientales dentro de las decisiones que competen a empresas productivas y de servicios, como consecuencia de la gran presión que éstas ejercen sobre los recursos naturales que explotan (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005b).

Hoy en día, sin embargo, más allá de una visión romántica del cuidado y preservación del entorno frente a los impactos de los diferentes procesos industriales, se ha logrado crear una plataforma para la evaluación del desempeño ambiental de las organizaciones, que implica el desarrollo de alternativas técnicas y tecnológicas costo – eficientes, que ofrezcan ventajas competitivas para quienes las implementan y cumplan la legislación que les atañe.

Resulta, por tanto, imprescindible, apoyar iniciativas que, en mayor o menor medida, promuevan un adecuado manejo de tal problemática, entendiendo que no existen soluciones únicas ni estáticas, debido a la permanente evolución y dinamismo de los procesos productivos y su interacción con el medio natural. En el país se ha venido trabajando, durante los últimos años, en el desarrollo de mecanismos de producción más limpia -PML- que permitan mejorar el desempeño ambiental de los diferentes procesos productivos.

En el medio local, en lo que respecta a los trapiches paneleros, es bien conocido el déficit de información cuantitativa en relación con las actividades que realizan dentro del sector, debido en parte a la informalidad de las plantas de producción, así como a las limitaciones de espacio e infraestructura física y tecnológica. En la mayoría de los casos, no hay suficientes datos confiables sobre el volumen de producción ni mucho menos sobre el impacto ambiental que generan.

Se requieren estudios sobre el tema, hacer pruebas puntuales en las descargas al final del proceso para determinar, por ejemplo, los volúmenes y la frecuencia de los desechos o los niveles de toxicidad de los vertimientos.

La adopción de tecnologías limpias no es simplemente un problema técnico o tecnológico sino, esencialmente económico, financiero, organizacional y administrativo. Sucede con frecuencia que la evaluación económica de las acciones de mejoramiento ambiental siempre queda pendiente de realización o, en el mejor de los casos, resulta ser una adaptación de modelos que no se aplican al contexto nacional (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005b).

## Manejo de aguas residuales

Es necesario impulsar sistemas de tratamiento de aguas residuales que sean más adaptables al medio, que utilicen el terreno como sistema de tratamiento, que requieran poca operación y que puedan ser manejadas por el propio usuario.

Vale la pena aclarar que en los Estados Unidos, un país muy avanzado en el manejo de las aguas residuales, el 25% de la población localizada en asentamientos dispersos utiliza sistemas de tratamiento de aguas residuales en el sitio, donde el terreno es el medio de disposición final. Estos sistemas son muy sencillos y de operación fácil y no costosa.

## Esquemas de colección y tratamiento de aguas residuales

### *Desarrollos urbanos*

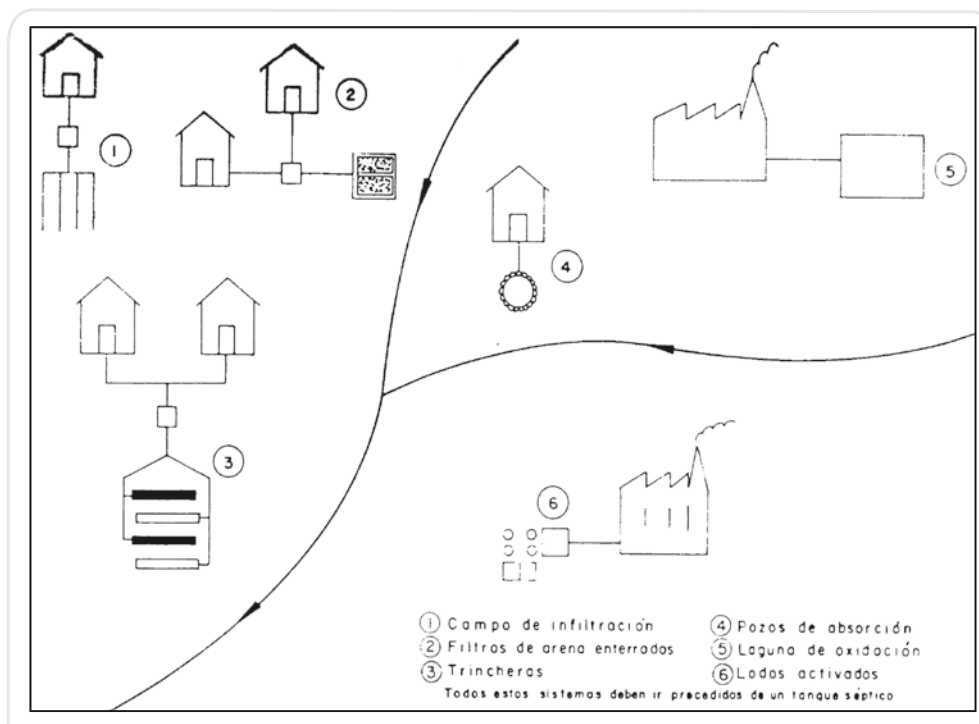
Cuando existe un desarrollo urbano compacto y atendido por una empresa de servicios públicos, lo más viable, desde el punto de vista técnico y económico, es conectar tanto las aguas residuales domésticas como las industriales, estas últimas con requerimientos de pretratamiento si es necesario, a la red municipal de alcantarillado para ser transportadas a una planta de aguas residuales para tratamiento conjunto.

Algunas de las ventajas de tener un tratamiento combinado de aguas residuales domésticas e industriales son:

- La responsabilidad se centraliza en una sola entidad.
- Sólo se necesita un operador jefe en una planta municipal.
- Un operador de una planta grande de tipo municipal recibe mejor entrenamiento que uno de una planta pequeña.
- Los costos de construcción y operación son menores.
- La cantidad de tierra requerida por una planta municipal que trate combinadamente las aguas residuales domésticas e industriales, es menor que el área total de varias plantas dispersas.
- Las aguas residuales domésticas agregan muchos elementos nutritivos a las aguas residuales industriales, los cuales son necesarios para los tratamientos de tipo biológico.
- El tratamiento conjunto de aguas residuales domésticas e industriales asegura un grado de tratamiento uniforme de todas las descargas.

*Desarrollos dispersos (semi-rurales)*

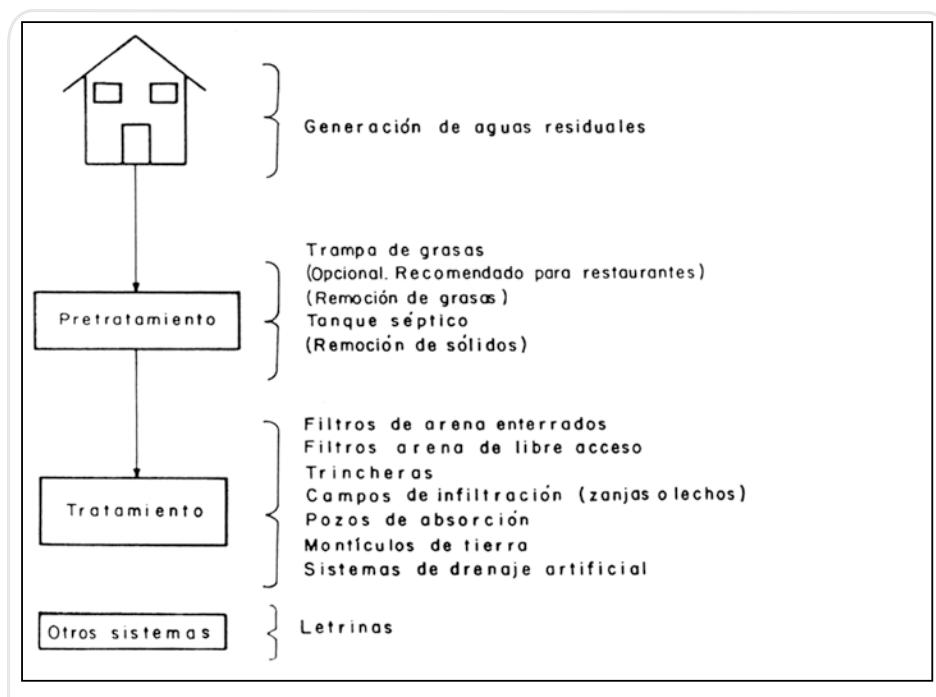
Cuando se tienen conjuntos de viviendas, escuelas, centros comerciales, etc., dispersos, es muy difícil poder llevar hasta ellos redes de servicios públicos, ya sea de acueducto o alcantarillado. En el caso de acueducto, cada usuario debe instalar un sistema de captación de aguas superficiales o subterráneas operado por él mismo. Igual ocurre en el caso de alcantarillados.



**Figura 2.** Esquema de un sistema de colección y tratamiento de aguas residuales en asentamientos dispersos (rurales y semi-rurales)

Se han desarrollado sistemas como el tradicional tanque séptico, los filtros de arena enterrados y de libre acceso, las trincheras, los campos de infiltración, los montículos de tierra y aun los pozos de absorción, que pueden ser operados y mantenidos por un ciudadano común y corriente. Aunque estos sistemas de tratamiento hacen un gran uso de la capacidad de infiltración del suelo, es posible hacer un reemplazo del suelo para mejorar sus condiciones de absorción. Es posible planear, con la debida anticipación, dónde se construirán y qué espacios quedarán disponibles para el tratamiento de las aguas residuales.

Cuando se va a ejecutar un tratamiento en el sitio, hay que analizar una serie de variables que van desde la cantidad de aguas residuales, las características topográficas del terreno, el tipo de suelos, el clima, etc. Cuando se trata de usuarios individuales o un conjunto pequeño de usuarios, lo mejor es analizar todas las posibilidades existentes para tratar las aguas residuales utilizando la capacidad de absorción del suelo. Este método se ha comprobado que es muy eficiente, económico y fácil de operar.



**Figura 3.** Esquema de sistemas de tratamiento en el sitio utilizando el subsuelo como medio de tratamiento.

## Tanque séptico

El tanque séptico es el sistema de pretratamiento en el sitio más universalmente usado. No obstante, para que el tratamiento sea completo, después de un tanque séptico debe ir un sistema de tratamiento como filtros de arena, zanjas de infiltración, trincheras, etc.

### Descripción

Un tanque séptico es un dispositivo en forma de cajón, enterrado y hermético, diseñado y construido para proveer las siguientes operaciones y procesos en el agua residual:

- Separar sólidos de la parte líquida
- Proveer digestión limitada a la materia orgánica
- Almacenar los sólidos separados o sedimentados
- Permitir la descarga del líquido clarificado para posterior tratamiento y disposición

Los sólidos sedimentados se acumulan en el fondo del tanque mientras que una espuma liviana compuesta de grasas se levanta y se forma en la superficie. El líquido parcialmente clarificado sale por una tubería localizada por debajo de la caja de espumas para evitar que éstas salgan. En el tanque séptico se usan tuberías (codos, y tubos en te), para distribuir el flujo.

La parte sólida que se acumula en un tanque séptico debe ser retirada cada que se note que éste se está llenando. Hay tanques que sólo necesitan una limpieza cada cinco años. El efluente líquido que sale del tanque se lleva por medio de tuberías enterradas al terreno circundante en donde se continúa el tratamiento por medio de un campo de infiltración, lechos de arena, trincheras, montículos, etc.

Debe quedar claro que un tanque séptico constituye sólo un sistema de pretratamiento en donde se remueven los sólidos, y los efluentes líquidos deben continuar a otro tratamiento.

## **Procesos que operan dentro del tanque séptico**

### *Eliminación de sólidos*

- Aguas residuales en reposo: las aguas residuales, al entrar al tanque séptico, disminuirán la velocidad y permanecerán en reposo durante un período de 24 horas.
- Formación de lodos: los sólidos más pesados se depositarán en el fondo formando una capa de lodos.
- Formación de natas: la mayoría de los sólidos ligeros, como las materias grasas, subirán a la superficie y formarán una capa de natas, mientras el efluente se llevará el resto de los sólidos al sistema final de evacuación

### *Tratamiento biológico*

El proceso que se desarrollará en el tanque séptico constituirá el "pretratamiento" de las aguas negras.

- Descomposición de aguas residuales: las aguas residuales en el tanque séptico serán sometidas a descomposición por procesos naturales y bacteriológicos.
- Bacterias presentes: las bacterias que estarán presentes pertenecen al grupo de bacterias anaeróbicas, porque se desarrollarán en ausencia de aire al ser el tanque un recipiente hermético, con el fondo, los muros y la tapa impermeables. Esta descomposición de aguas residuales en condiciones anaeróbicas es llamada "séptica", de aquí el nombre del tanque.
- Formación de gases: durante la descomposición se producirá, además de lodos y agua, gas que ascenderá constantemente en forma de burbujas a la superficie. Las burbujas arrastrarán o sembrarán el líquido que entra con organismos necesarios para la putrefacción.

### *Almacenamiento de lodos y natas*

El resultado más importante de la descomposición anaeróbica, la cual afectará no sólo a los sólidos, sino también a la materia orgánica, disuelta o coloidal, que contienen las aguas residuales, será una considerable reducción en el volumen de los sedimentos, lo que permitirá que el tanque funcione por un período de uno a cuatro años o más.

## **Localización del tanque séptico**

- La localización se podrá hacer solamente después de haber efectuado un estudio completo de todos los sitios posibles.
- Deberá localizarse donde no provoque contaminación de algún pozo, manantial u otra fuente de abastecimiento de agua.
- Deberá localizarse aguas abajo de pozos y manantiales
- No deberá localizarse en zonas pantanosas, ni en áreas sujetas a inundaciones.
- Deberá localizarse en un sitio que permita desarrollar la pendiente especificada para las tuberías domiciliarias.

- La localización deberá ser tal que se pueda disponer de un terreno de suficiente extensión para el tratamiento del efluente.
- Deberá procurarse que la instalación se haga a nivel, con el fin de obtener un mínimo de excavaciones.
- Será muy conveniente localizarlo tan cerca como sea posible de los tratamientos posteriores (zanjas, filtros, trincheras, etc.).

**Tabla 4.** Distancias mínimas

| Distancia entre el tanque séptico y diferentes elementos     | Distancia horizontal (m) |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Nivel máximo de la superficie del agua de una represa o lago | 25                       |
| Corriente de río o arroyo                                    | 25                       |
| Pozo de agua o la tubería de succión                         | 15                       |
| Tubería de abastecimiento de agua                            | 3                        |
| Una casa o sus dependencias                                  | 3,5                      |
| Límites de propiedad                                         | 3                        |
| Líneas divisorias de lotes                                   | 0,6                      |
| Piscina o charco                                             | 7,6                      |

## Asesoría en la construcción

Los tanques sépticos pertenecen a un tipo de obras que requieren, para su realización, la vigilancia directa de un tecnólogo, promotor de salud o al menos de un maestro de obras competente. Deberá dedicarse una especial atención al trabajo de construcción de los tanques, para asegurarse que sean herméticos.

## Materiales utilizados

Los tanques se construirán en materiales no susceptibles de sufrir corrosiones o deterioros, tales como concreto, barro vitrificado, bloques pesados de concreto, ladrillo o asbesto – cemento (tanque prefabricado). No se deberán usar ladrillos o bloques de concreto, para los muros, cuando no se tenga la seguridad de impermeabilizar las juntas y el revestimiento (Revista Empresas Públicas de Medellín, 1988).

## Producción más limpia

Desde finales de los años ochenta, las políticas ambientales y especialmente las de control de la contaminación industrial, han venido enfocándose en el tema de la producción más limpia, una estrategia de gestión que propone abordar la problemática ambiental a partir de un enfoque preventivo. Es decir, generar un producto o servicio final que sea “amigable” con el ambiente, a través de procesos que incorporen prácticas de minimización de impactos ambientales en las diferentes etapas que componen el proceso productivo.

El camino que debe seguir una empresa que desea iniciar un proceso de análisis y producción más limpia y, por supuesto, implementado, es el siguiente:

### **Revisión ambiental inicial (diagnóstico)**

Permite visualizar el estado en que se encuentra la organización en relación con el medio ambiente, proporciona información de cómo afectan sus actividades al entorno, cuáles son sus fortalezas y debilidades, cuáles son los recursos humanos, técnicos y económicos de que dispone, las prácticas o procedimientos que se llevan a cabo, los datos confiables disponibles y el tiempo necesario para iniciar el análisis.

Se trata de un barrido completo de aquellas actividades que, dentro de una empresa, son susceptibles de generar impactos ambientales.

### **Identificación de las etapas más contaminantes del proceso**

Es uno de los puntos más importantes que debe obtenerse de un proceso de autodiagnóstico; supone la identificación de puntos críticos durante el proceso, cuya prioridad de intervención se maximiza a la hora de mejorar el desempeño ambiental.

### **Índices de desempeño**

Las medidas cuantitativas y las observaciones cualitativas que permiten identificar el desempeño de una variable en un período de tiempo. Para establecer índices ambientales, es necesario identificar los flujos de materiales dentro del proceso.

### **Balance de masa**

Se basa en el principio simple que considera que la masa total de materiales que entran en un proceso, debe ser igual a la masa total que sale, es decir, entradas menos pérdidas, igual a salidas.

### **Balance de agua**

Muchas empresas saben la cantidad que utilizan, pero pocas aprovechan este conocimiento para reducir la cantidad que consumen. Se basa en la cuantificación de los puntos donde el agua entra y sale, y dónde es utilizada dentro de la actividad productiva en planta.

Se deben tener en cuenta enfáticamente aquellas etapas que demandan un alto consumo de agua en relación con las demás, o que generan vertimientos en los que están presentes compuestos susceptibles de ser recuperados como materia prima, o que generan problemas sanitarios debido a su toxicidad.

## Anexo 2. Los árboles en asocio con la caña

*Sembremos árboles, que éstos nos generan ingresos adicionales y contribuimos con la conservación del ambiente*

### Asocio con maderables

En zonas de ladera donde se tienen cultivos de caña, es importante realizar asocio con maderables que no tienen efectos negativos sobre la caña, y sí, por el contrario, tienen efectos muy positivos.

En primer lugar, el amarre que hacen del suelo especialmente en zonas de ladera, donde el suelo es muy propenso a los deslizamientos de tierra y a los movimientos en masa de extensiones considerables de terreno; los árboles, por su sistema radicular profundo, ayudan a contener este tipo de movimientos que con frecuencia se presentan en las regiones paneleras, favorecidos por las altas precipitaciones muy comunes en estas regiones.

En segundo lugar, los árboles contribuyen al mejoramiento del suelo, ya que las hojas y ramas secas, al caer, se pudren y aportan nutrientes que los cultivos requieren para una mejor producción. Por otro lado, los árboles se convierten en una fuente importante de ingresos adicionales en el largo plazo, cuando en 10 o 15 años se puedan aprovechar como madera.

De la misma manera, contribuimos con la conservación del medio ambiente. Es fundamental el papel de los árboles para la conservación de la fauna, en ellos las aves descansan y construyen sus nidos. Los pájaros son dispersores de semillas, lo que contribuye a que muchas plantas no desaparezcan, y son, además, controladores de plagas; muchos pájaros se alimentan de insectos que dañan los cultivos.

Entre algunas de las especies que podemos sembrar tenemos el nogal cafetero (*Cordia alliodora Oken*) el cedro rojo y el cedro blanco. Estos árboles, para que no interfieran con el desarrollo del cultivo, se pueden sembrar a 15 o 20 metros entre uno y otro, especialmente como cercas vivas, al borde de caminos y quebradas, etc. (Prodepaz, 2004).

### Asocio con forrajeras

Es importante, también, la siembra de plantas forrajeras para reforestar, por ser conservacionistas, y porque tienen la capacidad de fijar nitrógeno y mejoran la fertilidad del suelo. También de otras plantas que están en vía de extinción, por el uso irracional que hacemos de ellas, y que utilizamos para la limpieza de los jugos de caña, como el balso (*Helicarpus americanus*), el guásimo (*Guazuma ulmifolia* Lam), el cadillo blanco (*Tirumfetta mollissima* L.), etc.

En Colombia tenemos excelentes fuentes de proteína para el ganado, como el quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*) y las leguminosas arbustivas como el matarratón (*Gliricidia Sepium*), la leucaena (*Leucaena leucocephala*), la canavalia (*Canavalia ensiformis*) el cachimbo o búcaro (*Erythrina glauca*), el samán (*Pithecellobius sanán*), el algarrobo (*Prosopis juliflora*), el guandul (*Cajanus cajan*) y la acacia (*Cassia spectabilis*), entre otros. Las hojas son las partes del árbol que poseen más proteína (entre un 18 y un 25%); los pecíolos, tallos y corteza también tienen proteína. Ante el alto costo de los concentrados, parte de éstos se puede reemplazar con las forrajeras como fuente proteica, y la caña de azúcar como fuente energética.

Las forrajeras arbustivas pueden manejarse como cualquier cultivo. Debe prepararse el terreno antes de sembrarlas, y aplicar fertilizantes como la cal y la roca fosfórica. Estas especies son excelentes protectoras de los suelos y de las fuentes de agua. Los bancos proteicos son pequeñas áreas de la finca donde se establecen en forma independiente las leguminosas y otras plantas forrajeras. La siembra de estas especies se puede hacer por semilla y propagación vegetativa, como estacas y acodos.



**Figura 1.** (Superior izquierda) Caña en asocio con maíz, (derecha) caña en asocio con frijol voluble e (inferior) caña en asocio con frijol arbustivo.



**Figura 2.** Caña en asocio con especies arbóreas

## Algunos usos de las plantas forrajeras

Esta fuente proteica sirve para alimentación de pollos, cerdos, ganado, conejos y gallinas, entre otras especies que podemos alimentar en la finca, obteniendo una dieta de bajo costo con características muy similares al concentrado comercial. Además:

- Favorecen el equilibrio suelo – planta, al proteger la estructura del suelo.
- Mejoran la fertilidad del suelo al aumentar la cantidad de nitrógeno.
- Controlan la erosión debido a la acción penetrante de sus raíces.
- Las ramas secas se utilizan como combustible.
- Son forrajes con altos contenidos de proteína.
- Sirven para pigmentar la yema de los huevos y la piel de los pollitos.
- Las flores son excelente fuente de néctar para las abejas.
- Pueden ser materia prima para pulpa de papel (Federación Nacional de Cafeteros, 1989).

## Anexo 3. Huertos leñeros

### Antecedentes

La leña es el combustible más antiguo usado por el hombre. Aún en nuestros días existen comunidades y procesos, como el de la producción de panela, cuyo recurso energético es la madera. En América Latina, aproximadamente el 50% de la población depende de la leña y el carbón vegetal para satisfacer las necesidades básicas de energía. Según la FAO, para 1981 el consumo mundial de leña era de 0,15 m<sup>3</sup> per cápita /año.

Esta demanda de árboles para combustible, se suma a la presión sobre los bosques, cuya deforestación ha traído consecuencias nefastas en el equilibrio de un variado número de ecosistemas. Según el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza -CATIE- (1981), los niveles de deforestación en países en vía de desarrollo son alarmantes, que, de seguir así, en menos de 40 años desaparecerán los bosques, ya que cada año se pierden de 10 a 20 millones de hectáreas de bosque tropical.

La respuesta inmediata ante la escasez de leña es la plantación de especies de árboles de rápido crecimiento, tanto a lo largo de las carreteras como en pequeñas extensiones de terreno, donde su dueño tenga una fácil disponibilidad de madera para las necesidades básicas propias de la finca y el trapiche. La leña no se limita al uso doméstico. En los Estados Unidos se tienen grandes plantaciones de madera para abastecer combustible a generadores eléctricos, locomotoras, secadoras para pescado, tabaco, madera aserrada, granos, hornos para la producción de cerámicas, ladrillo, carbón y cal, también en algunas fundiciones de metales.

Las plantaciones no sólo proporcionan leña, sino que también reducen la erosión eólica, influyen favorablemente en la temperatura y humedad locales, y restituyen los nutrientes esenciales del suelo. Además, una cubierta vegetal retarda la escorrentía, lo que aumenta el potencial de carga de agua del suelo, y mantiene el caudal de las pequeñas quebradas y nacimientos durante todo el año. Por tanto, el cultivo de árboles o arbustos en las cuencas mejora la calidad del agua de los ríos y lagos, así como la producción de peces y otros alimentos acuáticos (Londoño, 1996).

Los sistemas de la finca de los agricultores de las regiones tropicales incluyen los árboles como un componente importante de sus actividades productivas, especialmente entre los pequeños y medianos productores. En la mayoría de los casos, los árboles están presentes ya sea formando parte de los linderos, como cercas vivas, barreras rompevientos, sombrío, árboles frutales para autoconsumo o venta de productos en los mercados locales, protección de los animales domésticos, o en los huertos familiares con multiplicidad de usos y productos; también se utilizan las socas de café o los leños resultantes de procesos de podas. En general, se asume, en un sentido amplio, que en los sistemas de fincas pequeñas la participación de los árboles es en socios agroforestales.

Un huerto leñero consiste en sembrar especies maderables de rápido crecimiento y alto poder calorífico, las cuales, en relativo corto tiempo, abastecerán la finca de leña suficiente para las labores domésticas. Se puede destacar, para usar como madera para leña, la toronja (*Citrus paradisi*), el guayabo (*Psidium guajava*) y fruta del pan (*Artocarpus altilis*).

Estos árboles, conocidos como especies de uso múltiple, están llamados a proporcionar una variedad de bienes y servicios en las fincas: madera para leña, producción de carbón, forraje, protección, mejoramiento del suelo y para el embellecimiento del paisaje rural.

Ante todo, es necesario caracterizar la finca en forma sencilla y determinar las limitaciones y ventajas para el establecimiento de los árboles y, con base en esta información, más la información ecológica del sitio, decidir los posibles sistemas de plantación, o las combinaciones agroforestales que deberán emplearse, y seleccionar las especies. La opción seleccionada será aquella que cumpla mejor con los objetivos de producción y expectativas del agricultor.

## **Evaluación de las características fisiográficas de los sitios para plantación**

Las características que se deben evaluar son la topografía, el suelo, su textura y compactación, y el drenaje.

Los factores ecológicos del sitio, que es necesario considerar para seleccionar las especies que se van a plantar, son los siguientes:

- Clima: temperatura mínima, media y máxima anual.
- Precipitación: medial anual.
- Altitud sobre el nivel del mar.
- Vegetación natural: indicadora, actual.
- Zona de vida: acorde con sistema de Holdrige.
- Suelo: fertilidad natural, pH.

Según OTS–CATIE (1986) la selección de un sistema agroforestal determinado depende de la productividad, la factibilidad financiera, la sostenibilidad y su adaptabilidad.

La sostenibilidad indica la capacidad del sistema para mantener la productividad a largo plazo sin degradar el sitio y sin adiciones sustanciales de insumos (Martínez, 1989).

Según Peck (1984), la adaptabilidad de un sistema agroforestal se ve favorecida, cuando es posible:

- Reducir los riesgos de las cosechas mediante la diversidad de especies.
- Utilizar especies de propósito múltiple.
- Utilizar especies fáciles de establecer, resistentes a poco o ningún mantenimiento y que no requieran insumos importados.
- Usar plantas con habilidad de rebrote.
- Producir bienes o servicios tangibles durante el primer año.
- Utilizar los recursos disponibles en forma eficiente.
- Utilizar plantas que se pueden cultivar en ambientes problemáticos, tales como laderas inclinadas, suelos con algo de toxicidad o con pocos nutrientes, zonas áridas y tierras altas tropicales.
- Utilizar plantas que no sean consumidas fácilmente por herbívoros y fauna silvestre.
- Utilizar especies con capacidad para fijar nitrógeno atmosférico.
- Utilizar especies de crecimiento rápido.

En cualquier ensayo de plantaciones con especies para leña, siempre debe darse prioridad a las especies nativas (Londoño, 1996).

**Tabla 1.** Algunos árboles utilizados frecuentemente en el establecimiento de huertos leñeros

| Nombre vulgar | Nombre científico              |
|---------------|--------------------------------|
| Guásimo       | <i>Guazuma ulmifolia</i>       |
| Casuarina     | <i>Casuarina equisetifolia</i> |
| Guamo         | <i>Inga sp.</i>                |
| Matarratón    | <i>Gliricidia sepium</i>       |
| Melina        | <i>Gmelina arborea</i>         |
| Gualanday     | <i>Jacaranda caucana</i>       |
| Leucaena      | <i>Leucaena leucocephala</i>   |
| Urapán        | <i>Fraxinus chinensis</i>      |
| Carate        | <i>Vismia sp.</i>              |
| Eucalipto     | <i>Eucalyptus sp.</i>          |

Fuente: Cornare, 1996.

**Tabla 2.** Lista de especies dendroenergéticas más usadas en la jurisdicción de Cornare

| Nombre vulgar                      | Nombre científico              |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Acacia (clima medio)               | <i>Acacia decurrens</i>        |
|                                    | <i>Acacia melanoxylon</i>      |
| Aliso (nativo clima frío)          | <i>Alnus jorullensis</i>       |
| Amarrabollos (clima frío)          | <i>Meriania nobilis</i>        |
| Arrayán                            | <i>Myrcia popayanensis</i>     |
| Carate (nativa de amplio rango)    | <i>Vismia ferruginea</i>       |
| Carbonero                          | <i>Albizzia carbonaria</i>     |
| Casuarina                          | <i>Casuarina equisetifolia</i> |
| Cedro                              | <i>Cedrela montana</i>         |
| Chagualo                           | <i>Clusia multiflora</i>       |
| Chicala (cerca viva)               | <i>Tecoma stans</i>            |
| Chingalé                           | <i>Jacaranda copaya</i>        |
| Ciprés                             | <i>Cupressus lusitanica</i>    |
| Encenillo                          | <i>Weinmannia tormentosa</i>   |
| Eucalipto (clima cálido)           | <i>Eucalyptus saligna</i>      |
|                                    | <i>Eucalyptus deglupta</i>     |
| Gallinazo                          | <i>Pollalesta copei</i>        |
| Guacamayo                          | <i>Croton magdalenensis</i>    |
| Guadua (alternativa para envarado) | <i>Bambusa guadua</i>          |
| Gualanday                          | <i>Erithyna glauca</i>         |
| Guamo                              | <i>Inga codonantha</i>         |
| Guandul (leña y forrajera)         | <i>Cajanus cajan</i>           |
| Guarango o dívidivi de tierra fría | <i>Caesalpinia spinosa</i>     |
| Guásimo                            | <i>Guazuma ulmifolia</i>       |

|                                     |                              |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Leucaena                            | <i>Leucaena leucocephala</i> |
| Matarratón (cerca viva y forrajera) | <i>Gliricidia sepium</i>     |
| Melina (clima cálido)               | <i>Gmelina arborea</i>       |
| Mestizo                             | <i>Cupania cinerea</i>       |
| Pino                                | <i>Pinus patula</i>          |
| Siete cueros (cerca viva)           | <i>Tibouchina lepidota</i>   |
| Urapán (clima medio y frío)         | <i>Fraxinus chinensis</i>    |
| Yarumo                              | <i>Cecropia sp.</i>          |

## Anexo 4. Principales problemas de la producción de la agroindustria panelera en Colombia

Mediante la realización de diagnósticos participativos con grupos de productores y técnicos en diversas zonas del país, se ha podido identificar la siguiente problemática de la producción panelera:

- Escasez de mano de obra por alta migración de trabajadores en busca de mejores oportunidades.
- Dificultad para acceder a crédito, e intereses altos.
- Altos precios de los insumos.
- Incertidumbre del productor por la fluctuación de los precios de la panela.
- Ausencia/deficiencia en la asistencia técnica al productor.
- Falta de mecanización en las labores del cultivo.
- Baja población de tallos por unidad de superficie.
- Desconocimiento del manejo de diferentes variedades de caña.
- Problemas fitosanitarios, especialmente raquitismo de la soca y *Diatraea* sp.
- Inadecuadas prácticas de control de arvenses y de manejo de socas.
- Altos costos de corte, transporte y manejo de la caña.
- Bajos niveles de extracción de jugo.
- Deficientes prácticas de limpieza y clarificación de los jugos.
- Subutilización de los trapiches.
- No se aprovechan los subproductos de la caña y la molienda por el desconocimiento de la tecnología para su utilización: usos alternativos de la caña en la alimentación animal; melote (cachaza deshidratada) en alimentación animal; ensilaje con caña picada y rpiada seca, otros.
- Marcada especialización en la producción panelera que origina problemas de inseguridad en la percepción de ingresos y desabastecimiento alimentario a nivel regional (Rodríguez, 1995).

## Anexo 5. Problema de la panela en Antioquia

- Un gran porcentaje de la panela que llega al departamento proviene de derretideros de azúcar del occidente del país, lo que deprime los precios de la panela regional.
- Antioquia es uno de los departamentos más consumidores de panela, y aunque es el segundo en área de caña sembrada, sus bajos rendimientos no permiten una producción elevada que satisfaga el consumo interno.
- Los rendimientos del cultivo son bajos por superficie cosechada.
- No hay renovación de cepas y se presenta deficiente manejo del cultivo.
- Existe ineficiencia térmica de las hornillas.
- La calidad del producto final es muy deficiente.
- Excesivo esfuerzo de los trabajadores.
- La topografía de las fincas de caña es muy quebrada.
- Existen pocas y deficientes vías de acceso a fincas paneleras.
- Se presenta deficiente transferencia de nuevas tecnologías para la producción de panela.
- Descoordinación en la inversión pública y privada, en el subsector panelero.
- Existen conflictos sociales que dificultan el desarrollo de la agroindustria.
- La presencia de intermediarios inescrupulosos que condicionan el mercado de la panela a la aplicación de sulfitos, hidrosulfitos y anilinas minerales en su proceso de elaboración, incide negativamente en la calidad.
- La sustitución de la panela por otros alimentos disminuye el consumo de panela.
- La organización del gremio de los productores no ha posibilitado mejor posicionamiento del producto en los mercados (Fedepanela – Secretaría de Agricultura de Antioquia, 2002).

## Anexo 6. Matriz DOFA en la agroindustria panelera

### Fortalezas del cultivo de la caña para panela

- En el país existen áreas agroecológicas aptas para el cultivo y buen desarrollo de la caña.
- Existe una cultura para la elaboración y producción de panela; comunidades con tradición y vocación paneleras.
- Se dispone de una serie de recomendaciones tecnológicas suficientemente probadas para BPA y BPM en caña.
- Existe capacidad institucional para desarrollar la investigación requerida para el manejo del cultivo y el proceso de beneficio de la caña.
- Las diferentes instituciones, tanto públicas como privadas, las ONG, la liga de consumidores, la academia, Fedepanela, ICA, SENA, Comité de Cafeteros, la Universidad Nacional, Coopanela, la Central Mayorista, la Secretaría de Agricultura de Antioquia y Corpoica, tienen sinergia y convicción de que la panela cumple una función social de trascendencia en el país.
- La panela tiene demanda para el consumo interno. La producción abastece los mercados locales y regionales.
- El cultivo de la caña es un gran generador de empleo ( Fedepanela – Secretaría de Agricultura de Antioquia, 2002); se trabaja con mano de obra familiar.
- La aplicación de agroquímicos es baja.
- Los grupos de productores son receptivos a organizarse y recibir la asistencia técnica.
- Comienza a haber conocimiento sobre valor agregado de la panela.
- La caña activa e integra otros sectores económicos.
- Políticas de producción limpia; Comité Técnico Panelero (Coordinación Colegiada del Comité Técnico Subregional del Oriente antioqueño., 2003).

### Debilidades del sector panelero:

- Tecnología: variedades tradicionales susceptibles a plagas y enfermedades.
- Socas viejas, baja productividad (kg/ha).
- Bajas densidades de siembra.
- Poca o nula fertilización.
- Conocimiento empírico del manejo del cultivo.
- Sistema de siembra tradicional (mateado).
- Semilla de mala calidad para renovación de cultivos.
- Trapiches ineficientes; ramadas en mal estado.
- Hornillas tradicionales de baja eficiencia térmica.
- No manejar normas de higiene en el beneficio.
- Poco valor agregado al producto final.
- Adición de clarol y anilinas en el proceso de elaboración de la panela.
- Lucro cesante en las ramadas (pocas moliendas por año).
- Falta aprovechamiento de la tecnología en áreas con restricción ecológica.
- Productores con bajo nivel de escolaridad.
- Algunos productores reacios al cambio tecnológico.
- Organizaciones de productores poco fortalecidas; poco compromiso frente a las organizaciones comunitarias.
- Se asume el cultivo de la caña sólo como subsistencia.

- Ausencia de capacidad para la autogestión y la incidencia en las decisiones de política.
- Bajos ingresos familiares.
- Altos costos de producción por desconocimiento.
- Limitaciones económicas para acceder individualmente a tecnologías de punta.
- No disponer de información suficiente para toma de decisiones (no llevar registros).
- Falta planificación de la finca.
- La unidad productiva no se maneja como empresa; no manejan costos de producción.
- Consumo excesivo de leña y llantas para la producción de panela.
- Quemadas para el establecimiento de cultivos de caña.
- Poca diversificación del sistema productivo.
- Poca conciencia para legalización de aguas.
- Desaprovechamiento de los subproductos de la caña.
- Disminución de especies vegetales aglutinantes (balso, cadillo).
- Poca capacidad de negociación.
- Producción poco estable para atender un mercado continuamente.
- Unidades productivas alejadas de los centros de comercialización.
- Productores atomizados, sin organización colectiva para la incidencia en mercados.
- Poca formación empresarial y trabajo para la articulación con otros eslabones de la cadena (Coordinación Colegiada del Comité Técnico Subregional del Oriente antioqueño, 2003).

## Oportunidades dentro de la agroindustria panelera

- Corpoica tiene centros de investigación y producción de variedades mejoradas de caña para panela.
- Se tienen proyectos para impulsar el desarrollo productivo de la caña y su beneficio.
- Instituciones estatales tienen presencia en las zonas paneleras, apoyan con capacitación y transferencia de tecnología en BPA y BPM; y existe apoyo para la constitución de empresas económicamente viables.
- Apoyo a las cadenas productivas por parte del gobierno nacional y el departamental.
- Se cuenta con legislación clara para impulsar los procesos organizativos.
- La Cámara de Comercio del Oriente apoya la legislación de las organizaciones comunitarias.
- Se tiene normatividad para producción más limpia, sobre la calidad de panela y derretideros.
- Existen corporaciones encargadas de regular y orientar los procesos productivos bajo sistemas ecológicos.
- Corpoica - CIMPA han generado tecnología, en hornillas de alta eficiencia térmica, para disminuir el consumo de leña y llantas.

- Existen procesos de concertación para fijar metas de reducción de contaminación con las comunidades, a través de los convenios de producción más limpia.
- Algunas entidades y fondos estatales ofrecen líneas de crédito a bajo interés (Finagro, Banco Agrario, otros).
- Apoyo a proyectos productivos y generación de empleo por parte del gobierno y organizaciones internacionales.
- Es un producto de alta demanda por los estratos 1, 2 y 3.
- Hay demanda en el mercado por subproductos de la caña (combustibles, fibra, papel, ceras, etc.).
- Hay demanda por productos más limpios, tanto a nivel nacional como internacional.
- Entidades estatales y privadas brindan capacitación empresarial.
- Se realizan alianzas para comercializar en cadena la panela que proviene de las diferentes regiones productoras (Coordinación Colegiada del Comité Técnico Subregional del Oriente antioqueño., 2003).

### **Amenazas al sector panelero**

- Inestabilidad laboral del personal de las Umatas -Unidades Municipales de Asistencia Técnica-, las cuales prestan la asistencia técnica al cultivo y beneficio de la panela.
- Pocos recursos económicos por parte del Estado para el sector agropecuario.
- Presencia de grupos por fuera de la ley, que estimulan el desplazamiento y desmotivan la producción.
- Restricciones ambientales para mercados externos.
- Deterioro ambiental por deforestación, quemas y contaminación de aguas por agentes externos.
- Trámites demorados y muy dispendiosos en la conservación de recursos económicos ya sea por crédito, donación, o cofinanciación.
- Fluctuaciones de los precios de la panela en el mercado.
- Bajo nivel de intermediación.
- Vías en mal estado, que dificultan la llegada del producto a los puntos de comercialización y elevan su costo.
- Competencia desleal de algunos distribuidores.
- Alta presencia de derretideros.
- Productos sustitutos (gaseosas y otras bebidas), con alta publicidad para su consumo (Coordinación Colegiada, 2003).
- Manejo político, por parte del Estado, de los recursos que vienen para el sector agropecuario.

## Anexo 7. Caracterización técnica y socio- económica en los sistemas productivos de caña panelera en una finca trapiche

Fecha: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_  
Municipio: \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_ Entrevistado: \_\_\_\_\_

### 1. Identificación de la finca (predio)

Nombre del propietario: \_\_\_\_\_  
Nombre de la finca: \_\_\_\_\_  
Área de la finca: \_\_\_\_\_  
Tipo de tenencia: Arriendo \_\_\_\_\_ Propiedad \_\_\_\_\_ Compañía \_\_\_\_\_  
Vías de acceso: Pavimentada \_\_\_\_\_ Sin pavimentar \_\_\_\_\_ Camino de herradura \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_  
Distancia a centro de \_\_\_\_\_ Altura (m.s.n.m.) \_\_\_\_\_  
Topografía: Plana \_\_\_\_\_ Ondulada \_\_\_\_\_ Pendiente \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_  
¿Cuál? \_\_\_\_\_  
Período de lluvias: \_\_\_\_\_  
Período seco: \_\_\_\_\_  
Servicios:  
a. Agua: Nacimiento \_\_\_\_\_ Acueducto \_\_\_\_\_ Pozo profundo \_ Otro, ¿cuál? \_\_\_\_\_  
b. Energía: Eléctrica \_\_\_\_\_ Gas \_\_\_\_\_ Tipo: Monofásica \_\_\_\_\_ Trifásica \_\_\_\_\_  
Otro, ¿cuál? \_\_\_\_\_  
c. Sanitario: Unidad sanitaria \_\_\_\_\_ Letrina \_Otro, ¿cuál? \_\_\_\_\_  
d. Teléfono \_\_\_\_\_ Celular \_\_\_\_\_ Radio Teléfono \_\_\_\_\_ Internet \_\_\_\_\_

## 2. Información de las unidades productivas (finca)

### a. Uso de la tierra

| Cultivo /<br>Arreglo | Área (has) |          | Producción<br>Anual | Destino producción |        |       |
|----------------------|------------|----------|---------------------|--------------------|--------|-------|
|                      | Propia     | Arriendo |                     | Consumo            |        | Venta |
|                      |            |          |                     | Humano             | Animal |       |
| Caña                 |            |          |                     |                    |        |       |
| Café                 |            |          |                     |                    |        |       |
| Pastos - Rastrojo    |            |          |                     |                    |        |       |
| Maíz y frijol        |            |          |                     |                    |        |       |
| Monte                |            |          |                     |                    |        |       |

### b. Infraestructura y equipos

Posee enramada: Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_ Material techo \_\_\_\_ Material pisos \_\_\_\_

#### Equipos

| Equipo                     | Marca y/o tipo | Referencia | Capacidad | Observaciones |
|----------------------------|----------------|------------|-----------|---------------|
| Tanque de H <sub>2</sub> O |                |            |           |               |
| Picapasto                  |                |            |           |               |
| Arado                      |                |            |           |               |
| Rastrillo                  |                |            |           |               |
| Vehículo                   |                |            |           |               |

#### Infraestructura

| Tipo              | Capacidad | Observaciones |
|-------------------|-----------|---------------|
| Bodega de Insumos |           |               |
| Porqueriza        |           |               |
| Establo           |           |               |
| Galpón            |           |               |
| Silo              |           |               |

#### Descripción de construcciones y equipos de la finca

|                                                 |  |
|-------------------------------------------------|--|
| Área aproximada y materiales de la enramada     |  |
| Motor (marca, potencia y combustible utilizado) |  |
| Molino (marca, modelo, tamaño de mazas)         |  |
| ¿Tiene prelimpiadores?                          |  |
| Hornilla (número y tipo de pailas)              |  |
| ¿Tiene paila pelotera?                          |  |
| Cuarto de batido, moldeo y empaque              |  |
| ¿Tiene picapastos?                              |  |
| Otros equipos                                   |  |
| Otras construcciones en la finca                |  |

### 3. Componente social

Composición de la familia

| Constituyente | Edad | Género | Nivel educativo | Capacitación/ Especialización | Actividad | Experiencia |
|---------------|------|--------|-----------------|-------------------------------|-----------|-------------|
|               |      |        |                 |                               |           |             |

Observaciones grupo comunitario: \_\_\_\_\_

Mano de obra contratada

| Tipo trabajador | Número de trabajadores | Actividades | Formación/ capacitación |
|-----------------|------------------------|-------------|-------------------------|
| Permanentes     |                        |             |                         |
|                 |                        |             |                         |
| Temporales      |                        |             |                         |

### 4. Producción de panela

Tipo de panela producida:

| Tipo de molienda   | N.º moliendas año | Producción panela/ molienda | Duración molienda (horas) | Precio de venta panela (cargas) |
|--------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Propia             |                   |                             |                           |                                 |
| Compañía           |                   |                             |                           |                                 |
| Alquiler (trenaje) |                   |                             |                           |                                 |
| Total              |                   |                             |                           |                                 |

5. Caracterización de la producción de caña

Caña (Información por lote)

| Variedad | Área | Edad | Resiembra<br>(cada cuanto) | Sistema de siembra |         |           | Producción<br>anual | Distancia de<br>siembra | Sistema de corte |        | Edad<br>corte<br>(meses)<br>promedio | Rendimiento<br>caña (t/ ha) |
|----------|------|------|----------------------------|--------------------|---------|-----------|---------------------|-------------------------|------------------|--------|--------------------------------------|-----------------------------|
|          |      |      |                            | Surco              | Mateado | Resiembra |                     |                         | Parejo           | Desgué |                                      |                             |
|          |      |      |                            |                    |         |           |                     |                         |                  |        |                                      |                             |
|          |      |      |                            |                    |         |           |                     |                         |                  |        |                                      |                             |
|          |      |      |                            |                    |         |           |                     |                         |                  |        |                                      |                             |
|          |      |      |                            |                    |         |           |                     |                         |                  |        |                                      |                             |
|          |      |      |                            |                    |         |           |                     |                         |                  |        |                                      |                             |

Observaciones: \_\_\_\_\_

6. Descripción agroforestal

| Concepto           | N.º de árboles |  | Cuáles | Costo por árbol |
|--------------------|----------------|--|--------|-----------------|
| Bosque natural     |                |  |        |                 |
|                    |                |  |        |                 |
|                    |                |  |        |                 |
|                    |                |  |        |                 |
| Bosque establecido |                |  |        |                 |
|                    |                |  |        |                 |
|                    |                |  |        |                 |
|                    |                |  |        |                 |

Observaciones \_\_\_\_\_

## 7. Percepción del productor acerca del tema de diversificación

¿Qué alternativas tiene para enfrentar la baja de precios de la panela?

¿Utiliza usted la caña para alimentación animal?

Sí \_\_\_\_\_ ¿Qué parte utiliza? \_\_\_\_\_ ¿En qué la aprovecha? \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_

¿Produce nuevas formas de presentación de panela (granulada, panelín, pastilla, mieles)?

Sí \_\_\_\_\_ ¿Cuáles \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_

¿Qué otras alternativas de diversificación de usos de la caña se podrían dar?

\_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fuente: CORPOICA, 2005.

## Anexo 8. Estructura de costos/ha

### Caracterización técnica y económica de la producción de caña y panela (para nuevo cultivo)

|                                                                                           |                                                                                            |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Tipo de productor (dueño trapiche / dueño de caña/ aparcero)                              | Área para la cual se toman los costos de establecimiento (ha)                              |  |
| Producción estimada en esa área (cargas o toneladas de caña)                              | Producción en panela (kg de panela/ corte)                                                 |  |
| Número de cortes que se cosechan de ese establecimiento                                   | Tiempo entre cortes                                                                        |  |
| Distancia estimada entre el lote de corte y el trapiche (metros)                          | Tipo de vía utilizada (camino de herradura / secundaria destapada / principal pavimentada) |  |
| Producción de la molienda para la cual se toman los costos (cargas o toneladas de panela) | Duración de la molienda (horas)                                                            |  |

### Costos de establecimiento del cultivo

| Concepto                 | Cantidad (jornal) | Unidad (ha) | Precio unitario | Valor total | Pagado x propietario | Pagado x aparcería |
|--------------------------|-------------------|-------------|-----------------|-------------|----------------------|--------------------|
| A. Mano de obra          |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Rocera y limpieza        |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Arada y cruzada          |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Consí drenajes           |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Preparación semilla      |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Trazado y siembra        |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Aplicación correctivos   |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Aplicación fertilizantes |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Control de malezas       |                   |             |                 |             |                      |                    |

| Concepto                    | Cantidad (jornal) | Unidad (ha) | Precio unitario | Valor total | Pagado x propietario | Pagado x aparcería |
|-----------------------------|-------------------|-------------|-----------------|-------------|----------------------|--------------------|
| Control malezas (m)         |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Subtotal a                  |                   |             |                 |             |                      |                    |
| B. Insumos y servicios      |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Arada y cruzada             |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Semilla                     |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Correctivo (cal magnesiana) |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Fertilizante compuesto      |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Urea                        |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Cloruro de potasio          |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Materia orgánica            |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Otro fertilizante           |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Herbícida 1                 |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Herbícida 2                 |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Herbícida 3                 |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Adherente                   |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Transporte insumos          |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Subtotal b                  |                   |             |                 |             |                      |                    |
| Total costos (a+b)          |                   |             |                 |             |                      |                    |

Costos de sostenimiento del cultivo

| Concepto                      | Cantidad<br>(jornal) | Unidad<br>(ha) | Precio unitario | Valor total | Pagado x propietario | Pagado x<br>aparcería |
|-------------------------------|----------------------|----------------|-----------------|-------------|----------------------|-----------------------|
| a. Mano de obra               |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Encalle                       |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Cepillado                     |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Resiembr                      |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Aplicac. Fertilizante         |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Control de malezas (q)        |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Control de malezas. (m)       |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Subtotal a                    |                      |                |                 |             |                      |                       |
| b. Insumos y servicios        |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Semilla                       |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Correctivo (fosforita/callos) |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Fertilizante compuesto        |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Urea                          |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Cloruro de potasio            |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Materia orgánica              |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Otro fertilizante             |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Herbicida 1                   |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Herbicida 2                   |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Herbicida 3                   |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Adherente                     |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Transporte .insumos           |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Subtotal b                    |                      |                |                 |             |                      |                       |
| Total costos (a + b)          |                      |                |                 |             |                      |                       |

Costos de corte, transporte y apronte de la caña

| Concepto                   | Cantidad (jornal/ha) | Unidad | Precio unitario | Valor total | Pagado x propietario | Pagado x aparcería |
|----------------------------|----------------------|--------|-----------------|-------------|----------------------|--------------------|
| a. Mano de obra            |                      |        |                 |             |                      |                    |
| Corteros                   |                      |        |                 |             |                      |                    |
| Alzadores                  |                      |        |                 |             |                      |                    |
| Silleros (arrear)          |                      |        |                 |             |                      |                    |
| Cocina en apronte          |                      |        |                 |             |                      |                    |
| Bojoteros en apronte       |                      |        |                 |             |                      |                    |
| Subtotal a                 |                      |        |                 |             |                      |                    |
| b. Insumos y Servicios     |                      |        |                 |             |                      |                    |
| Mulas para transporte caña |                      |        |                 |             |                      |                    |
| Alquiler vehículos         |                      |        |                 |             |                      |                    |
| Subtotal b                 |                      |        |                 |             |                      |                    |
| Total costos (a+b)         |                      |        |                 |             |                      |                    |

## Costos de elaboración y comercialización de la panela

| Concepto                          | Cantidad (carga) | Unidad | Precio unitario | Valor total | Pagado x propietario | Pagado x aparcería |
|-----------------------------------|------------------|--------|-----------------|-------------|----------------------|--------------------|
| a. Personal de molienda           |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Preneros (metecaña)               |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Relimpiador (contrahornero)       |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Homillero (hornero)               |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Gavero (pesador)                  |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Empacador                         |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Disponible (vueltero)             |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Administrador                     |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Alimentación                      |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Días/ semana                      |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Panela                            |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Miel                              |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Subtotal a                        |                  |        |                 |             |                      |                    |
| b. Insumos y servicios            |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Guacimo/ balso                    |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Cal - calcical                    |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Manteca vegetal (aceite de coco)  |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Aditivos (anilina, etc)           |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Leña hornilla -carga de 200 kilos |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Carbón                            |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Llantas                           |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Leña para cocina                  |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Gas para cocina                   |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Electricidad                      |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Alquiler de trapiche              |                  |        |                 |             |                      |                    |

| Concepto                         | Cantidad (carga) | Unidad | Precio unitario | Valor total | Pagado x propietario | Pagado x aparcería |
|----------------------------------|------------------|--------|-----------------|-------------|----------------------|--------------------|
| Cajas de 20 kilos                |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Etiquetas (impuestos Fedepanela) |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Almidón (como pegante)           |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Transporte panela                |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Bodegaje                         |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Subtotal b                       |                  |        |                 |             |                      |                    |
| Total costos (a + b)             |                  |        |                 |             |                      |                    |

. Observaciones:

Fuente: CORPOICA, 2005.

## Anexo 9. Evaluación técnico – administrativa del beneficio de la caña panelera

|    |                                         |                                          |          |       |
|----|-----------------------------------------|------------------------------------------|----------|-------|
| 1. | Finca _____                             |                                          |          |       |
| a. | Nombre de la finca _____                | M.s.n.m                                  | _____    |       |
| b. | Nombre del propietario _____            |                                          |          |       |
| c. | Municipio _____                         | Vereda                                   | _____    |       |
| d. | Arrendatario _____                      | N° has.                                  | _____    |       |
|    | Aparcero _____                          | N° has.                                  | _____    |       |
|    | Propietario _____                       | N° has.                                  | _____    |       |
| e. | Área sembrada en caña _____             |                                          |          |       |
| f. | Área sembrada en otros cultivos _____   |                                          |          |       |
| g. | Área total de la finca _____            |                                          |          |       |
| h. | Tipo de cultivos u otra actividad _____ |                                          |          |       |
| i. | Área en descanso _____                  |                                          |          |       |
| j. | Caña tecnificada _____                  | Tradicional                              | _____    |       |
| 2. | Mano de obra en el beneficio de la caña |                                          |          |       |
| a. | Familiar _____                          | N° _____                                 | Personas | _____ |
|    | Contratada _____                        | N° _____                                 | Personas | _____ |
|    | Eventuales _____                        | N° _____                                 | Personas | _____ |
|    | Total _____                             |                                          |          |       |
| b. | Corteros:                               | N° _____                                 | Personas |       |
|    | Valor jornal                            | _____                                    |          |       |
|    | N° carga/jornada                        | _____                                    |          |       |
|    | Alce y transporte:                      | N° arrieros _____                        |          |       |
|    |                                         | N° mulas _____                           |          |       |
|    |                                         | Peso promedio de una carga de caña _____ |          |       |
|    |                                         | N° de cargas arrimadas a la caña _____   |          |       |
|    |                                         | Sistema de pago _____                    |          |       |
| c. | Personal                                | N° de personas                           |          |       |
|    | Administrador                           | _____                                    |          |       |
|    | Mete caña                               | _____                                    |          |       |
|    | Arrimador                               | _____                                    |          |       |
|    | Bagacero húmedo                         | _____                                    |          |       |
|    | Bagacero seco                           | _____                                    |          |       |
|    | Hornero                                 | _____                                    |          |       |
|    | Contra hornero                          | _____                                    |          |       |
|    | Gavero                                  | _____                                    |          |       |
|    | Empacador                               | _____                                    |          |       |

|    |                                          |                   |                 |
|----|------------------------------------------|-------------------|-----------------|
|    | Cocinera                                 | _____             | _____           |
|    | Otros                                    | _____             | _____           |
|    | Total                                    | _____             |                 |
| d. | Calidad de mano de obra:                 |                   |                 |
|    | Buena                                    | _____             |                 |
|    | Regular                                  | _____             |                 |
|    | Mala                                     | _____             |                 |
|    | Por qué                                  | _____             |                 |
| e. | Curso de capacitación:                   |                   |                 |
|    | Cuántos:                                 | _____             |                 |
|    | Quién los dicta:                         | _____             |                 |
|    | Personal que ha sido capacitado          | _____             |                 |
| 3. | Duración de la molienda                  |                   |                 |
|    | _____                                    | Días              |                 |
|    | _____                                    | Horas por jornada |                 |
|    | Frecuencia:                              |                   |                 |
|    | Semanal                                  | _____             |                 |
|    | Quincenal                                | _____             |                 |
|    | Mensual                                  | _____             |                 |
|    | Irregular                                | _____             | Explique: _____ |
| 4. | Número de cargas de caña por molienda    |                   | _____           |
|    | Jornada                                  |                   | _____           |
|    | Producción de panela/jornadas/ha:        | _____             |                 |
| 5. | Número de cargas de panela por molienda: |                   | _____           |
|    | Jornada                                  |                   | _____           |
| 6. | Calidad de panela                        |                   |                 |
| 7. | Precio de venta:                         | \$ _____          |                 |
|    | Sitio de venta                           | _____             |                 |
| 8. | Utilización de subproductos:             |                   |                 |
| 9. | Insumos                                  |                   |                 |
|    | Alquiler de mulas                        | _____             |                 |
|    | Clarol                                   | _____             |                 |
|    | Anilina                                  | _____             |                 |
|    | Balso                                    | _____             |                 |
|    | Guásimo                                  | _____             |                 |
|    | Cadillo                                  | _____             |                 |
|    | Cal                                      | _____             |                 |

|     |                                                                                                    |            |                 |       |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|-------|
|     | Aceite de higuera                                                                                  | _____      |                 |       |
|     | Combustible motor                                                                                  | _____      |                 |       |
|     | Leña hornilla                                                                                      | _____      |                 |       |
|     | Leña fogón                                                                                         | _____      |                 |       |
|     | Aceite motor                                                                                       | _____      |                 |       |
|     | Valvulita                                                                                          | _____      |                 |       |
|     | Cabuya o fibra                                                                                     | _____      |                 |       |
|     | Cebo                                                                                               | _____      |                 |       |
|     | Llantas                                                                                            | _____      |                 |       |
| 10. | Instalaciones                                                                                      |            |                 |       |
| a.  | Tipo de instalaciones                                                                              |            |                 |       |
|     | Construcción:                                                                                      | _____      | Años de uso:    |       |
|     | Piso                                                                                               | _____      |                 |       |
|     | Techo                                                                                              | _____      |                 |       |
|     | Bagacera                                                                                           | _____      |                 |       |
|     | Hornilla                                                                                           |            |                 |       |
|     | Falcas:                                                                                            |            | Años de uso:    |       |
|     | Pailas mieleras                                                                                    |            |                 |       |
|     | Construcción:                                                                                      | _____      | Estado actual   | _____ |
| b.  | Elementos de la molienda.                                                                          |            |                 |       |
|     | Motor                                                                                              | _____      | Hp              | _____ |
|     | Eléctrico                                                                                          | _____      | Gasolina        | _____ |
|     | Molino:                                                                                            | Referencia | Tracción animal | _____ |
|     | Estado de las masas                                                                                | _____      | Capacidad       | _____ |
|     | Ajuste de las masas                                                                                | _____      |                 |       |
|     | Mantenimiento:                                                                                     | Sí _____   | No _____        |       |
|     | Periodicidad                                                                                       | _____      |                 |       |
| 11. | Se llevan registros en los cuales especifican las diferentes actividades o labores que se realizan |            |                 |       |
|     | Sí _____                                                                                           | No _____   |                 |       |
|     | Cuáles                                                                                             | _____      |                 |       |
|     | En el trapiche (grande – pequeño) tienen un organigrama explicando los cargos o mandos que existen |            |                 |       |
|     | Sí _____                                                                                           | No _____   |                 |       |

Fuente: Universidad Lasallista, Facultad de Administración de Empresas Agropecuarias e ICA.

## Anexo 10. Registro de inspección sanitaria

|              |                   |         |
|--------------|-------------------|---------|
| Trazabilidad | Ficha proveedores | Código: |
|--------------|-------------------|---------|

|                              |  |      |
|------------------------------|--|------|
| Nombre del trapiche          |  |      |
| Nombre del representante     |  | C.C. |
| Ubicación                    |  |      |
| Registro de inspc. sanitaria |  |      |

| Equipo y utensilios         |       |                |               |
|-----------------------------|-------|----------------|---------------|
| Descripción                 | Cant. | Material/marca | Observaciones |
| Trapiche                    |       |                |               |
| Motor                       |       |                |               |
| Prelimpiador                |       |                |               |
| Fondos                      |       |                |               |
| Bateas                      |       |                |               |
| Gaveras                     |       |                |               |
| Mallas                      |       |                |               |
| Mesones                     |       |                |               |
| Pailas                      |       |                |               |
| Tipo de hornilla            |       |                |               |
|                             |       |                |               |
| Instalaciones               |       |                |               |
| Descripción                 | Cant. | Material/marca | Observaciones |
| Pisos                       |       |                |               |
| Techos                      |       |                |               |
| Cuarto de moldeo            |       |                |               |
| Cerramientos                |       |                |               |
| Servicios sanitarios        |       |                |               |
| Tanques de almacenamiento   |       |                |               |
| Puntos de luz               |       |                |               |
|                             |       |                |               |
|                             |       | Servicios      |               |
| Abastecimiento agua         |       |                |               |
| Energía                     |       |                |               |
| Iluminación                 |       |                |               |
| Ventilación                 |       |                |               |
| Ductos                      |       |                |               |
| Aguas residuales y drenajes |       |                |               |
| Comentarios                 |       |                |               |
|                             |       |                |               |
| Realizado por               |       | Revisa         |               |

Fuente: RDI Ltda.

