

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 (Phylospora 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 (Ceratomyces 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)

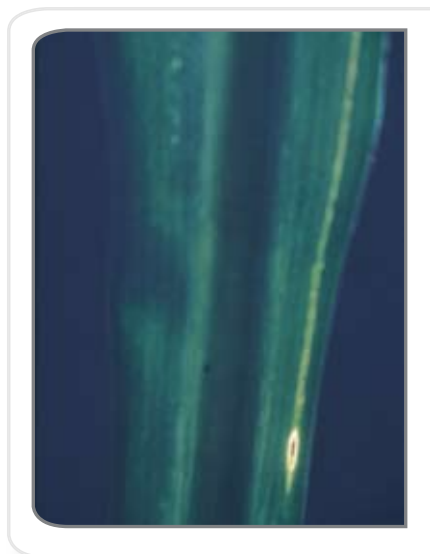


Figura 44. Mancha de ojo

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).

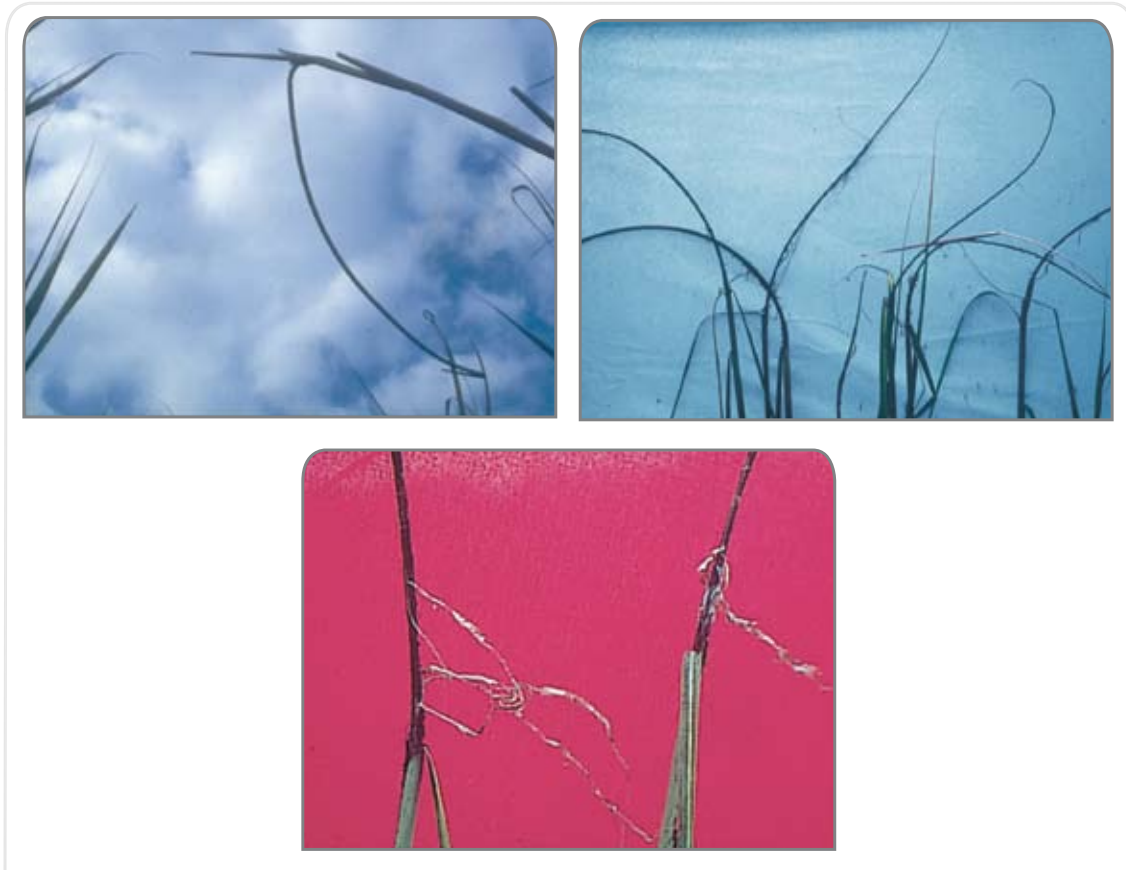


Figura 46. Látigos característicos del carbón

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.

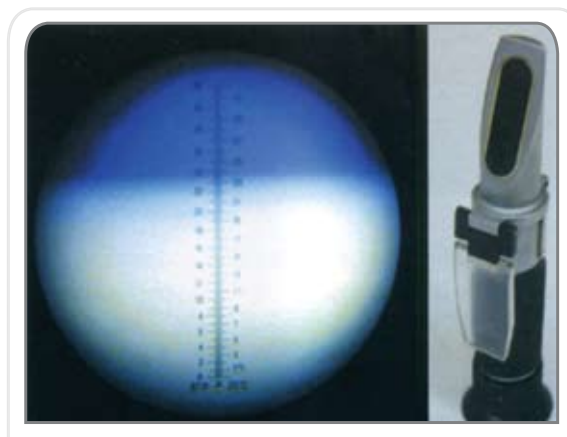


Figura 51. Refractómetro

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:

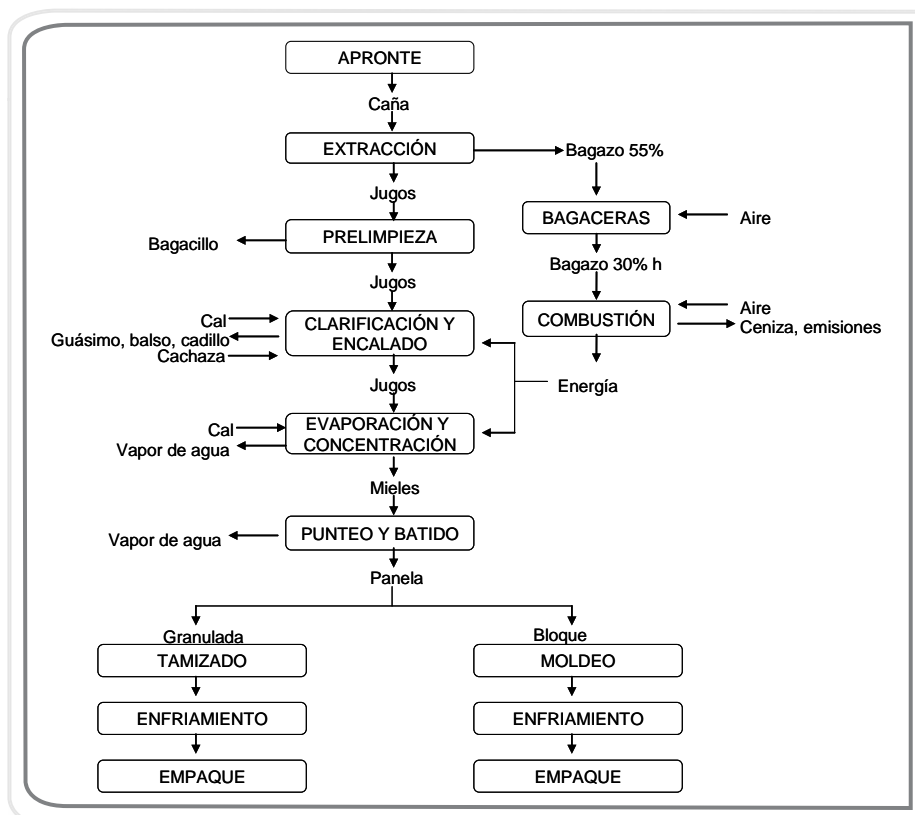


Figura 55. Proceso tecnológico producción de panela
Fuente: García, 2006. Corpoica. Programa procesos agroindustriales

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

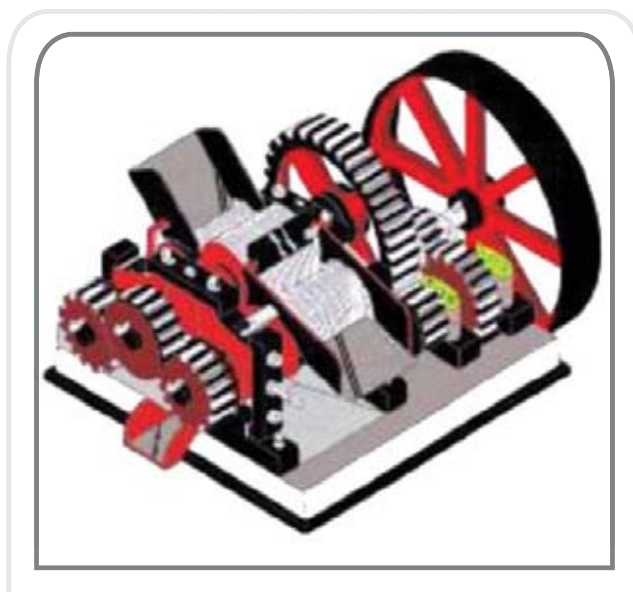


Figura 57. Molino horizontal de tres mazas con transmisión incorporada en la misma base

Las tres mazas van montadas sobre cojinetes planos (4) construidos 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.

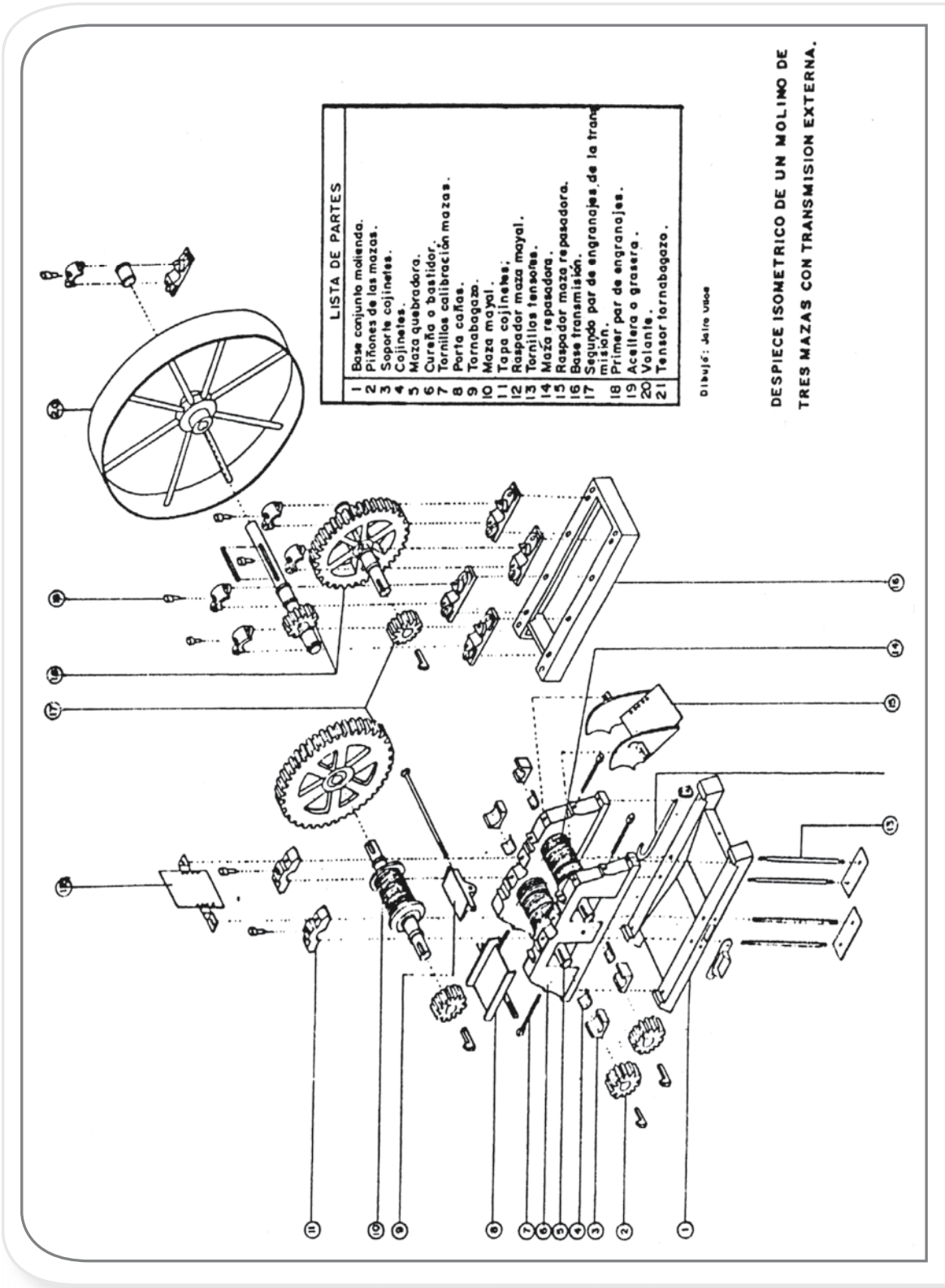


Figura 58. Despiece isométrico de un molino de tres mazas con transmisión externa.

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.

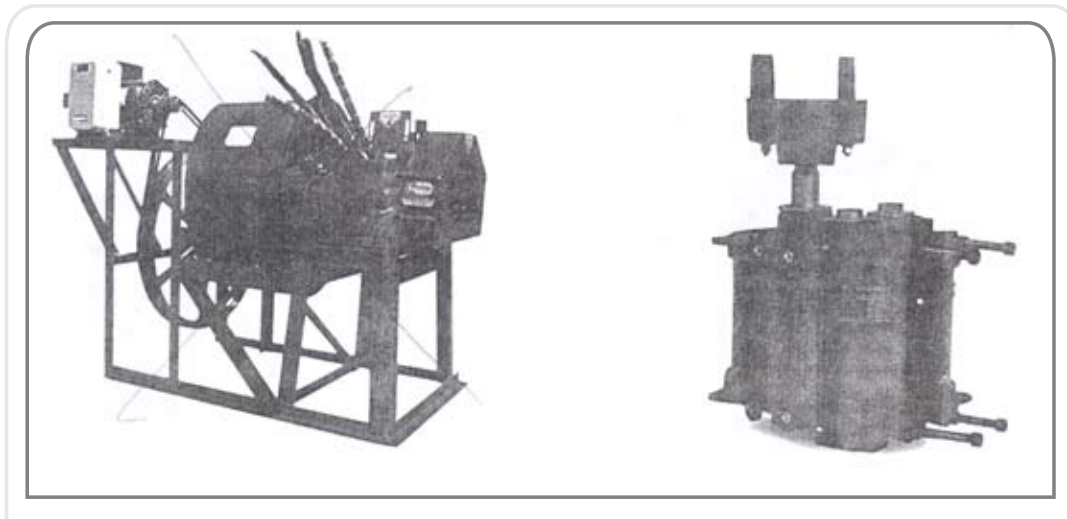


Figura 60. Trapiche de motor No. 13 (izquierda) y Trapiche de bestia 3 mayales (derecha)

Operación del molino panelero

La operación del molino se debe hacer de tal forma que no se traben ni sufran 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 traben.

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 abertura 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.

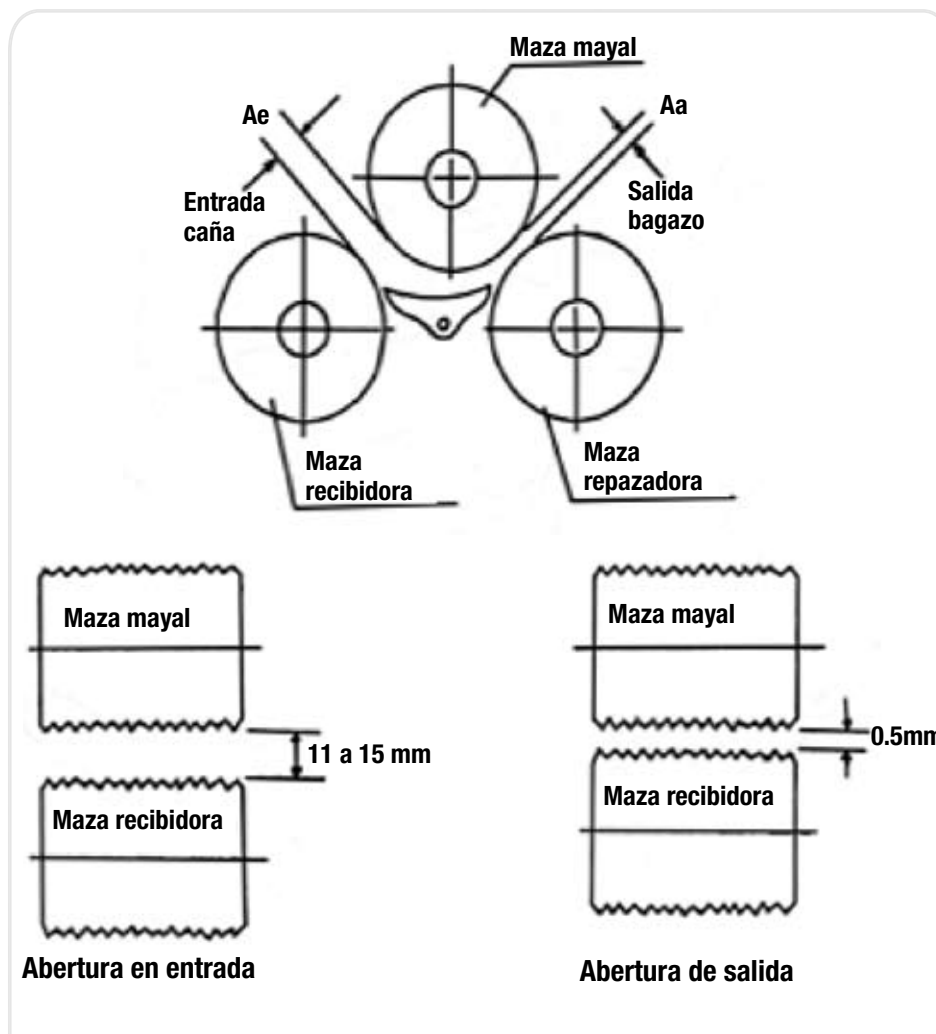


Figura 61. Disposición y ajuste entre mazas

Abertura de salida (As)

Es la separación que hay entre las superficies de la maza mayal y la maza repazadora. 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° 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 (cm)	Maza mayal V (r/min)	mm	Ae kg/h	Cn 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	A 31x31	6-8	15	2.250	15
El Panelero	12	A 31x36	6-8	15	2.640	18
	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
Penagos	TH-6	20x15	9-13	12	850	6
	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
Tornometal	TH-16	31x41	6-8	15	2.640	18
	TM-9	22x23	8-11	13	1.320	9
	TM-11	24x28	8-10	14	1.690	12

* Sólo molinos de 3 mazas