

Algunos implementos utilizados en las atenciones culturales

Cultivo de desyerbe: Se realiza utilizando FC-8 de brazos flexibles con o sin rake para cultivar el narigón, S-240 de cuatro brazos rígidos y grada múltiple para cultivar el camellón.

Cultivo de descompactación: Se realiza con S-240, M-160, Bayamo-81, Bayamo-95 y MAU-250 C.

Aporque y cultivo de acondicionamiento: Se utiliza grada múltiple y S-240 modificado (2 brazos con vertedera).

El FC-8, el S-240, el M-160, la grada múltiple y los implementos de fertilización trabajan con tractores de baja potencia. El Bayamo-81, Bayamo-95 y MAU-250 C necesitan tractores de media potencia.

Al tractor de alto despeje y baja potencia se le acoplan los implementos cuando el tamaño de la caña impide el trabajo de otros tractores para el cultivo de desyerbe precierre del campo y alistamiento.

Mantenimiento de la cobertura de residuos de cosecha: Aunque no es una tecnología de cultivo el mantenimiento de la cobertura de los residuos de cosecha, tiene gran importancia dentro de las atenciones culturales, ya que cuando la cosecha de caña se realiza en verde, quedan en el campo como mínimo entre siete y diez t ha⁻¹ de residuos de cosecha, en dependencia de la producción del cañaver. Mantener estos residuos como una cubierta inalterada, sería la condición más deseable desde todos los puntos de vista. Esta cobertura reduce significativamente la infestación de malezas y los costos para su control, además conserva la humedad, evita la erosión y mejora la fertilidad del suelo. Se ha demostrado que la paja de caña libera varias sustancias alelopáticas que son fitotóxicas a muchas especies de malezas.

En las áreas de cosecha verde donde se mantiene la cobertura de residuos, la disminución del cultivo ha permitido incrementar la actividad microbiana, mejorar la estructura del suelo, facilitar la infiltración y reducir las necesidades de fertilizantes y riego.

Una alternativa para conservar la cobertura de rastrojos consiste en el uso de los denominados viradores de paja, que permiten pasar la mayor parte del rastrojo a las calles contiguas al paso del tractor que efectúa el cultivo, evitando que obstruyan el paso del mismo. De esta forma el 50% del campo queda cubierto con una capa densa de rastrojos, que evita el enyerbamiento y sirve como aporte de nutrientes y materia orgánica y el resto del campo se cultiva sin obstrucción de rastrojos. Generalmente se utiliza en caña de corte manual con exceso de cobertura de residuos en campos de alto rendimiento cosechados de forma mecanizada (Figura 6.11).

Además de sus efectos sobre el control de malezas y sobre la humedad, los residuos controlan la temperatura del suelo y ejercen una influencia positiva sobre la macro, meso y microfauna. Con el mantenimiento de la cubierta de residuos la población de lombrices de tierra se incrementa 2,5 veces con relación a las áreas donde se quema la caña o se aplican pesticidas. Como se conoce, las lombrices son un indicador de la salud del suelo y ellas dependen de la materia orgánica para sus actividades vitales.

Mantener la cubierta de residuos es también una excelente medida para impedir o frenar la erosión de los suelos. El impacto de la gota de lluvia sobre la superficie del suelo descubierto es responsable del 95% de la erosión hídrica. La fase inicial de este proceso es el rompimiento de los agregados del suelo; estas partículas desagregadas son transportadas y luego depositadas en las partes bajas del relieve o arrastradas por las corrientes fluviales, disminuyendo el potencial de los suelos agrícolas o inutilizándolos finalmente.

Otro efecto positivo de la cubierta de residuos es el control de plagas, al proteger y estimular el desarrollo de los controles biológicos, que antes eran destruidos anualmente por la quema de la caña. Aunque localmente, o en las primeras fases de implantación de la cosecha verde y el mantenimiento de la cubierta de residuos

puedan aparecer localmente brotes de algunas plagas, en el mediano plazo se estabilizarán las poblaciones de los enemigos naturales de estas (Figura 6.12).



Figura 6.11. Manejo de residuos de cosecha en la cobertura del surco de caña de azúcar en retoños recién cortados mecanizadamente. A. Arrope al narigón. B. Implemento arropador.

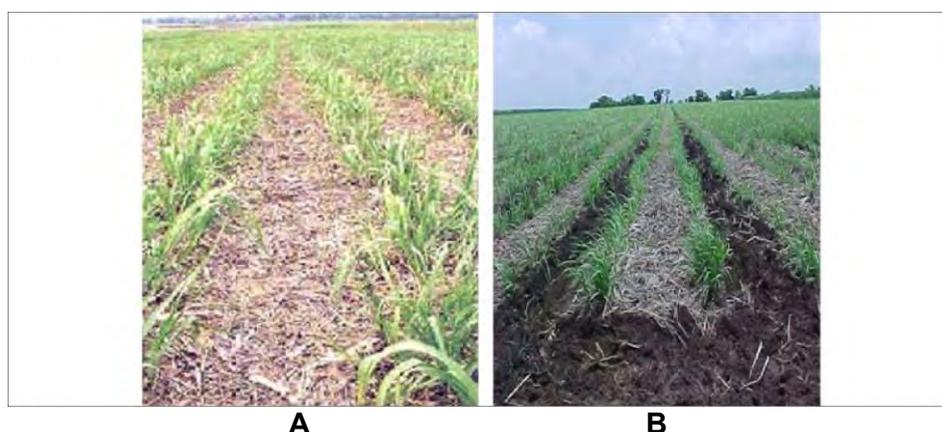


Figura 6.12. Diferentes tecnologías de manejo de la cobertura de residuos de cosecha en retoños de caña de azúcar. A. Cobertura total. B. Cobertura en surcos alternos

El nivel de nutrientes se incrementa en el suelo como resultado de mantener la cubierta de residuos, pero esto ocurre sólo a partir del segundo ciclo de cosecha; de 5 a 10 años, y se estabiliza entre 10 y 15 años. Por esta razón, en el segundo ciclo se puede reducir 10 a 15% las recomendaciones de fertilizantes y en el tercer ciclo la reducción puede alcanzar 20 a 25%. En este momento el nitrógeno total del suelo se ha incrementado entre 1,3 y 21% y el de carbón orgánico entre 1,4 y 14%.

Cultivo en suelos pesados de mal drenaje: La acción de la cobertura de rastrojos en la retención de la humedad del campo implica la necesidad de eliminarla en los suelos de mal drenaje cosechados en verde. Esto se realiza mediante su repique e incorporación al suelo, sin necesidad de quemar estos residuos. La eliminación de la cobertura, mediante la incorporación de los rastrojos al suelo, precede la rutina de cultivo en los campos de mal drenaje cosechados en verde. Esta operación puede realizarse combinando el subsolado con el uso de gradas múltiples, pero este método tiene algunos inconvenientes que son superados por la nueva variante tecnológica conocida como arrope al narigón, que consiste en concentrar todos los residuos sobre la cepa o hilera de caña para lograr una cobertura gruesa que limite el brote de las malezas y a la vez dejar libre la calle o camellón entre surcos para el trabajo con implementos de cultivo.

En estos suelos los mejores resultados se han obtenido con las siguientes combinaciones:

1. Fertilización al centro de la cepa y mantenimiento de la cobertura total en socas y retoños que por sus buenos rendimientos logran una cantidad de residuos suficientes para contener la brotación durante un tiempo razonable de las malezas en toda la superficie.
2. Fertilización al centro de la cepa antes del arroje al narigón o a ambos lados después del arroje en retoños que no logran una cantidad de residuos suficientes para impedir el brote de malezas en toda la superficie. Cultivo de descompactación en la calle entre hileras libre de residuos, en áreas que se cosecharon con suelo húmedo y es imprescindible esta labor.

Cultivo en suelos compactados: La compactación de los campos destinados a la producción de caña se debe al paso sucesivo de equipos por el espacio entre hileras. Esta compactación puede tener lugar en la franja de suelo próxima a la hilera o zona de seguridad o en la parte central del camellón o entresurco. La primera es ocasionada únicamente por el tránsito de los equipos de cosecha y transporte y puede reducirse con el cultivo lateral y la segunda por todos los equipos que transitan por el campo, afectando seriamente las capas de suelo hasta los 20 o 30 cm de profundidad y se contrarresta con el cultivo profundo o subsolación en el centro de la calle.

Existe una polémica respecto al uso del subsolado. La mayoría de los productores, influidos por la tradición, vinculan el mullido en profundidad y del total del área como una condición indispensable para el desarrollo de la caña, para lo cual aplican el cultivo lateral y luego el subsolado en el centro de cada calle con un brazo provisto de saetas anchas o dos brazos con rejas escarificadoras.

Sin embargo, la tendencia actual al laboreo mínimo o cero del suelo, considera esto como efectista y poco práctico en función del costo y gasto de energía que implica, recomendando realizar esta práctica en condiciones de compactación comprobada o en condiciones de cosecha con exceso de humedad en suelos arcillosos. En estos casos se pueden emplear rejas escarificadoras desprovistas de saetas por el centro de la calle, por debajo del nivel de la capa compactada, y siempre el subsolado tiene que hacerse con el último pase de los equipos de cultivo.

Recientemente investigadores del INICA han desarrollado una metodología para determinar en función de la compactación y la cantidad de residuos la conveniencia o no de realizar el cultivo de descompactación y el manejo de la cobertura. En la Figura 6.13 se muestran algunos implementos utilizados para realizar la labor de descompactación. Más adelante en este capítulo se tratará el uso del penetrómetro de impacto para medir la resistencia del suelo a la penetración de las raíces de la caña.



Figura 6.13. Labor de descompactación profunda con tractor DT-75 y vista lateral del implemento utilizado.

Cultivo en retoños de varios cortes: Las operaciones de cultivo a partir de la tercera o cuarta cosecha pueden requerir acciones para reactivar las plantaciones e incrementar la población. Consiste en el cultivo lateral de raíces y persigue los objetivos de podarlas y promover el suelo a profundidades de 20 a 25 cm, para facilitar simultáneamente la renovación del sistema radical y la limitación del ancho del plantón. Esta operación puede realizarse con equipos dotados con brazos escarificadores situados entre 400 y 600 mm del centro de la hilera o con tándem de discos cóncavos mediante el aporque y desaporque. Si existe cobertura de rastrojos los brazos escarificadores deben ser precedidos por discos pica paja, que eviten los atoros y mejoren la calidad de la labor.

Algunos cultivadores subsoladores para descompactar el suelo a 20 cm de profundidad se muestran en la Figura 6.14.

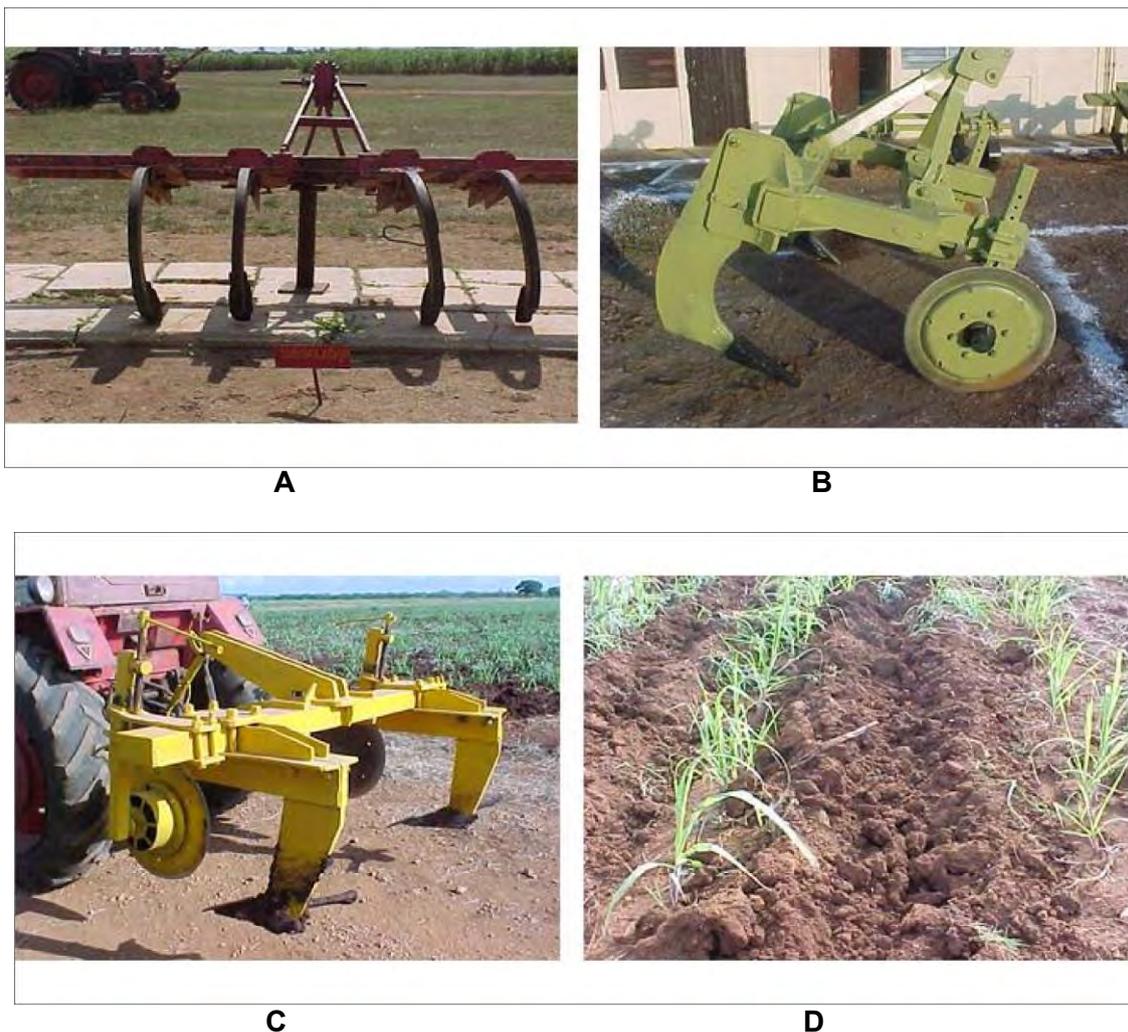


Figura 6.14. Cultivadores utilizados para la descompactación del suelo. A. Cultivador Subsolador S-240. B. Cultivador Subsolador M-170. C. Cultivador Esperanza. D. Campo recién cultivado.

Acondicionamiento de los campos para la cosecha mecanizada: Consiste en acamellonar ligeramente el suelo en la hilera de caña hasta obtener una elevación entre 6 y 8 cm, para de esta forma obtener una sección transversal del terreno similar al del aparato de corte de las cosechadoras. Esto puede realizarse en caña planta o en retoños sin cobertura de rastrojos, utilizando múltiples dispositivos, que incluyen aletas vertederas, pero en retoños con cobertura de rastrojos sólo puede ejecutarse utilizando la denominada grada múltiple. Es necesario prevenir el aporque anticipado

antes de que se produzca el ahijamiento necesario de la caña y los plantones alcancen el número de tallos suficiente para un cierre temprano de campo y los tallos molibles que garanticen altos rendimientos (Figura 6.15).



Figura 6.15. Cultivadores de discos utilizados para el aporque y acondicionamiento del terreno para la cosecha de la caña de azúcar.

Atención y mantenimiento de guardarrayas: Esta labor es importante para evitar que las malezas penetren al cañaveral por los bordes del campo. No obstante erróneamente o por desconocimiento las guardarrayas, en la mayoría de las unidades de producción, se roturan y mantienen sin cobertura, lo cual favorece considerablemente la erosión y pérdida de suelo, lo correcto es mantener la guardarraya con una cobertura de hierba a ras del suelo con chapeadora rotativa y un desorillo de 80 cm entre la caña y la cobertura de hierba. Este desorillo se puede hacer con arado y tracción animal y con aplicaciones de herbicidas.

6.6 USO DEL PENETRÓMETRO DE IMPACTO PARA DETERMINAR RESISTENCIA DEL SUELO

El penetrómetro de impacto es un instrumento utilizado para medir la resistencia o dureza de los suelos con fines agrícolas. En Cuba el penetrómetro de impacto (Figura 6.16) fue introducido por Stolf *et al.* (1983) para detectar capas de suelo compactas y decidir la profundidad de las labores de cultivo después de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar, sin embargo, ha sido poco utilizado. El principio de funcionamiento del penetrómetro de impacto se basa en que el peso del mazo, su caída libre y el área de la base del cono son constantes y por tanto, cada impacto del mazo ejerce una fuerza siempre igual. Como resultado, la mayor o menor penetración del cono del penetrómetro por impacto, estará en función de la resistencia del suelo.

Los resultados de la evaluación de la resistencia del suelo pueden expresarse en número de impactos para un determinado perfil de suelo, en impactos por decímetro del perfil de suelo, en profundidad por impacto, en kgf/cm^2 y en unidades de presión donde las más utilizadas son el kilopascal (kPa) y el megapascal (MPa). La determinación de la compactación del suelo mediante el uso del penetrómetro de impacto permite conocer las categorías de la resistencia del suelo a la penetración, lo cual facilita realizar las labores agrícolas según las exigencias del suelo y las necesidades de la plantación.

Ruiz *et al.* (2001) determinaron la resistencia a la penetración en los principales suelos cañeros de la provincia de matanzas, el cual demuestra que es factible el uso del penetrómetro de impacto para determinar el grado de resistencia de diferentes suelos, en ellos el 30% de los retoños no requieren la descompactación, el 48% se debe descompactar con tractores de goma y subsoladores ligeros, y solamente el 22% requiere para su descompactación la utilización de tractores de estera y subsoladores pesados.

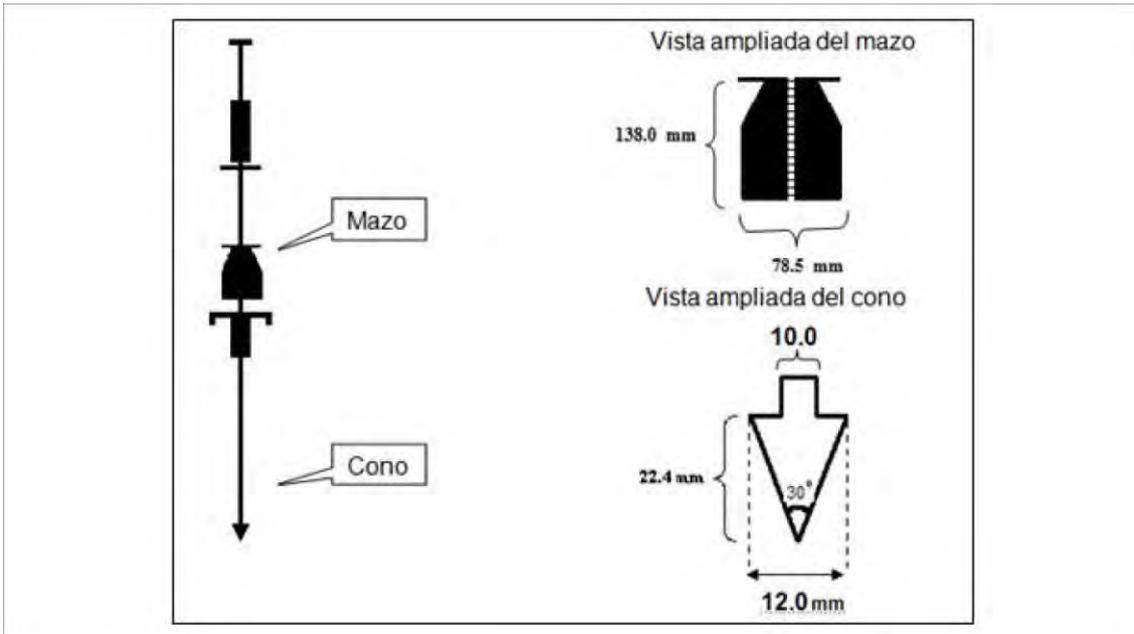


Figura 6.16. Penetrómetro de impacto utilizado para medir la resistencia del suelo a la penetración.

Las evaluaciones de resistencia con penetrómetro de impacto en campo deben cumplir con ciertas normativas para garantizar calidad y mínimo costo en el proceso de toma de muestras. En las condiciones específicas de los productores de caña de azúcar en Cuba, donde predomina la cosecha mecanizada, García *et al.* (2011) señalaron que las regulaciones del procedimiento de toma de muestras de resistencia del suelo con penetrómetro, deben considerar elementos importantes como: momento de tomar la muestra, cantidad de muestras, distancia mínima entre muestras, zona del entresurco o camellón a muestrear y la profundidad del muestreo. La variabilidad espacial de las condiciones físicas del suelo puede ser fácilmente evaluada con un penetrómetro, porque la resistencia a la penetración es una forma simple y poco costosa para obtener información del área a estudiar.

El tamaño óptimo de la muestra para evaluar resistencia se determinó calculando la desviación típica del número de impactos hasta 30 cm de profundidad en un suelo Pardo con Carbonatos. La desviación típica acumulada para cada número de muestras tiende a estabilizarse a partir de la número nueve, lo cual indica que los muestreos con nueve puntos logran la precisión necesaria y además con el costo mínimo posible.

A continuación se describen diferentes tecnologías, para realizar las atenciones culturales del cultivo de la caña de azúcar (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Relación de la densidad aparente, la cantidad de golpes del penetrómetro de impacto, grado y categoría de la compactación y tecnología a emplear de acuerdo al grado de afectación, para solucionar este factor limitante de la producción de caña de azúcar.

Compactación			Solución
Densímetro (g/cm ³)	Penetrómetro (golpes/dm)	Grado y categoría	
< 1,15	< 3	1 (Ligeramente compactado)	Conservar la cobertura de paja. Desyerbe: Químico o manual. Fertilización: Centro de la cepa. Cosecha: Mecanizada. Riego: Localizado
1,15 – 1,35	3 - 10	2 (Medianamente compactado)	Cultivos: Descompactar con el S 240, Control Integral Malezas. Fertilización: Enterrada. Cosecha: Mecanizada. Riego: Por Aspersión.
> 1,35	> 10	3 (Muy compactado)	Cultivos: Descompactar con Bayamo 81, Control Integral Malezas. Fertilización: Enterrada. Cosecha: Manual. Enmienda: Aplicar materia orgánica Riego: Por gravedad.

CAPÍTULO 7

MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS

Rigoberto Martínez Ramírez

Lorenzo Rodríguez Estrada

Rafael Zuaznábar Zuaznábar

7.1 GENERALIDADES ACERCA DE LAS MALEZAS

La botánica define como malezas a las plantas a las que aún no se les ha encontrado utilidad alguna para el hombre. Puede decirse que las malezas corresponden a las especies vegetales que aparecen entre el cultivo como flora espontánea. Desde el punto de vista agronómico, la flora espontánea o malezas, son especies vegetales no deseadas por el hombre que se desarrollan en un lugar y momento determinado. El concepto de "malezas" es relativo y antropocéntrico, pero en modo alguno constituye una categoría absoluta.

De acuerdo con la ecología, el concepto de maleza no existe. Tradicionalmente y principalmente debido a su impacto sobre el rendimiento, las malezas se han considerado organismos indeseables (Rodríguez, 2008). Sin embargo, en una agricultura ecológica los beneficios que aportan las malas hierbas a los agricultores son tantos, que es hora de ir cambiando su nombre, por otros no tan despectivos como flora adventicia, espontánea o arvense (Guzmán y Alonso, 2001).

7.2 CLASIFICACIÓN DE LAS MALEZAS

Existen diferentes sistemas para la clasificación de las malezas. El sistema más importante es el que se basa en criterios de taxonomía y sistemática; que identifica, con su nombre científico, y clasifica a las especies en familia, orden, clase; aunque también es común agruparlas, para ciertos fines prácticos, de acuerdo con otros criterios tales como el ciclo de vida, el hábito de crecimiento y la consistencia del tallo (Brolo, 2004). De acuerdo con el ciclo de vida se definen tres grupos de malezas: anuales, bianuales y perennes. En tanto por su hábito de crecimiento se les clasifica en aéreas, rastreras y subterráneas (INICA, 2005).

7.2.1 Clasificación de las malezas por su morfología o aspecto externo

Este tipo de clasificación se basa fundamentalmente en la forma de las hojas, es muy fácil y rápida de realizar porque se realiza visualmente y permite tener una apreciación inmediata del grado de dificultad que será necesario enfrentar para lograr su control. Por la morfología de las hojas las malezas pueden ser de hoja ancha o de hoja estrecha.

7.2.1.1 Malezas de hojas anchas

Integran este grupo aquellas especies cuyas hojas presentan formas redondeadas, acorazonadas, aovadas, donde el largo y ancho de la superficie foliar es aproximadamente igual (Figura 7.1). Por lo general, estas especies tienen peculiaridades que las convierten en más susceptibles a los diferentes métodos de control, especialmente a los herbicidas.



Figura 7.1. Especies de malezas de hoja ancha.

7.2.1.2 Malezas de hojas estrechas

Se identifican por la forma alargada y estrecha de la hoja, con una longitud varias veces superior a su ancho, constituyendo el principal grupo de malezas en cuanto a las afectaciones que provocan en la caña de azúcar. Poseen singularidades que las hacen muy difíciles de controlar como vellosidad, arquitectura foliar erecta y por tanto menor intersección foliar a los herbicidas, punto de crecimiento protegido, propagación por semilla u otros órganos vegetativos (o ambas) y rusticidad (Figura 7.2).



Figura 7.2. Especies de malezas de hoja estrecha.

7.2.2 Clasificación de las malezas por su forma de reproducción

La forma de reproducción de las malezas tiene gran impacto sobre las posibilidades o susceptibilidad mostrada ante los distintos métodos de control. La multiplicación puede tener lugar por dos formas fundamentales: La gámica o por la semilla botánica y la agámica o a través de otras partes, estructuras u órganos que, en determinadas condiciones, pueden originar una nueva planta.

7.2.2.1 Malezas de propagación gámica o por semilla botánica

Estas malezas se propagan a través de la semilla botánica y en sentido general, son menos competitivas porque las semillas, al ser relativamente pequeñas, contienen pocas sustancias de reserva y la nueva plántula está dependiendo del medio que la rodea en breve tiempo después de la germinación, lo que incrementa su susceptibilidad a las medidas de control.

La inmensa mayoría de las malezas de hoja ancha se propagan por semillas, pero también hay especies de hojas estrechas que tienen como principal forma de multiplicación, y a veces única, a la semilla (Figura 7.3).



Figura 7.3. Especies de malezas de propagación gámica.

7.2.2.2 Malezas de propagación agámica u otra parte de sus órganos

Este tipo de propagación se realiza por diferentes órganos de la planta ubicados generalmente por debajo de la superficie del suelo, tales como: rizomas, tubérculos y estolones. Poseen grandes cantidades de sustancias de reserva que les permiten un desarrollo rápido, pero además, muchas de las plantas pertenecientes a este grupo tienen la capacidad de emitir raíces o "guías" subterráneas y dar origen a nuevas plantas y estas a su vez a otras, lo cual hace muy difícil su control (Figura 7.4).



Figura 7.4. Especies de malezas de propagación agámica.

7.3 DAÑOS CAUSADOS POR LAS MALEZAS EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La competencia activa de las malezas con el cultivo de la caña de azúcar, es un aspecto de gran incidencia en la disminución de los rendimientos y la productividad por área. La magnitud del daño está relacionada con las especies de malezas presentes, el grado de infestación y el tiempo en que dicha infestación se manifiesta. De este modo a medida en que es mayor el periodo en que el cultivo se encuentra limpio desde su plantación, menor es la pérdida de rendimiento y mayor por tanto la producción a consecuencia de la obtención de un mayor número de tallos (Figuras 7.5 y 7.6).

Las pérdidas anuales causadas por las malezas en la agricultura de los países en desarrollo han sido estimadas en el orden de 125 millones de t de alimentos, cantidad suficiente para alimentar 250 millones de personas.

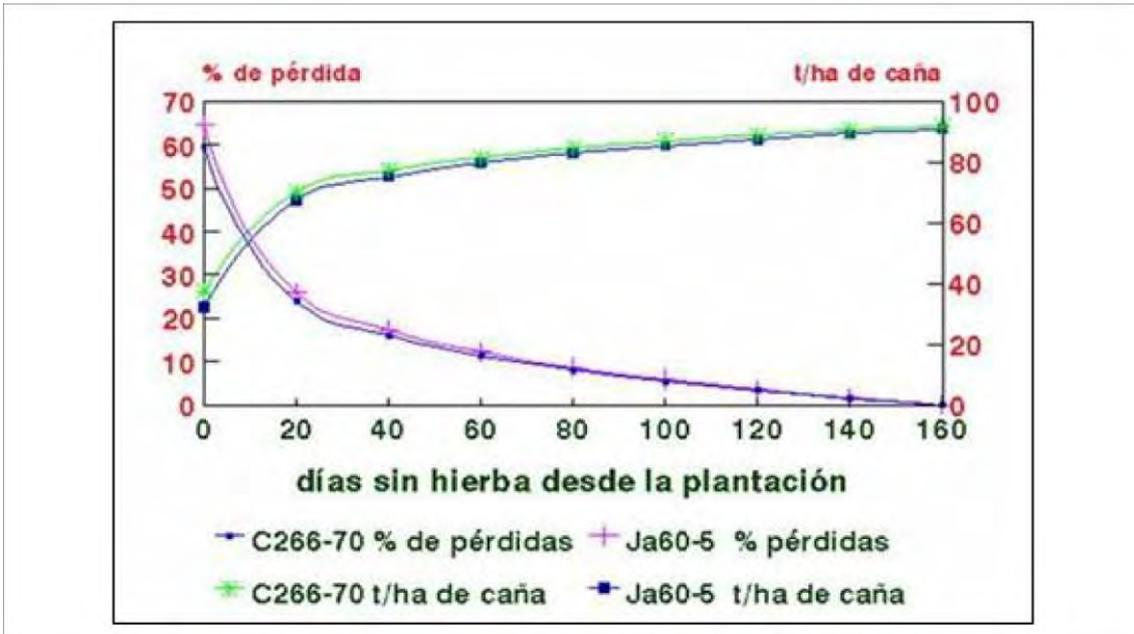


Figura 7.5. Influencia de la competencia de las malezas en la pérdida de rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$ y porcentaje) en las variedades de caña de azúcar C266-70 y Ja60-5 en dependencia de la cantidad de días sin hierbas que a que estuvo sometido el cultivo desde la plantación.

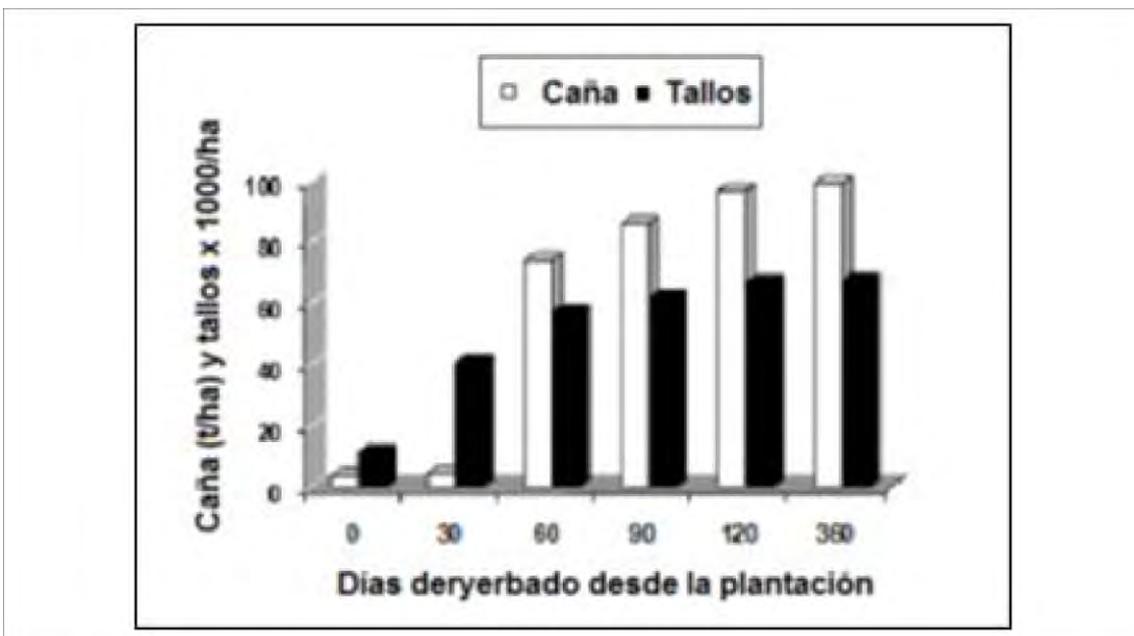


Figura 7.6. Incremento de la producción de caña y tallos molibles por disminución del período de competencia de las malezas desde cero hasta 360 días desde la plantación.

En Cuba se han reportado pérdidas por la competencia permanente de las malezas en casos extremos que fluctúan desde un 28% hasta un valor máximo de 97,5%. Las plantas indeseables son la segunda causa de los bajos rendimientos agrícolas que, conjuntamente con la despoblación, obligan a demoler un campo de caña en un período muy corto, con una vida útil de bajos rendimientos agrícolas y altos costos de producción (Álvarez, 2001). Según datos experimentales, las pérdidas por la competencia permanente de las malezas, respecto a la cosecha máxima obtenida por

el tratamiento siempre limpio, varían de 67%, en caña planta, a 33% en retoños (Díaz, 2005).

Además de las pérdidas directas en rendimiento, las malezas extraen grandes cantidades de nutrientes del suelo, incluyendo aquellos suministrados por los fertilizantes (Figura 7.7).

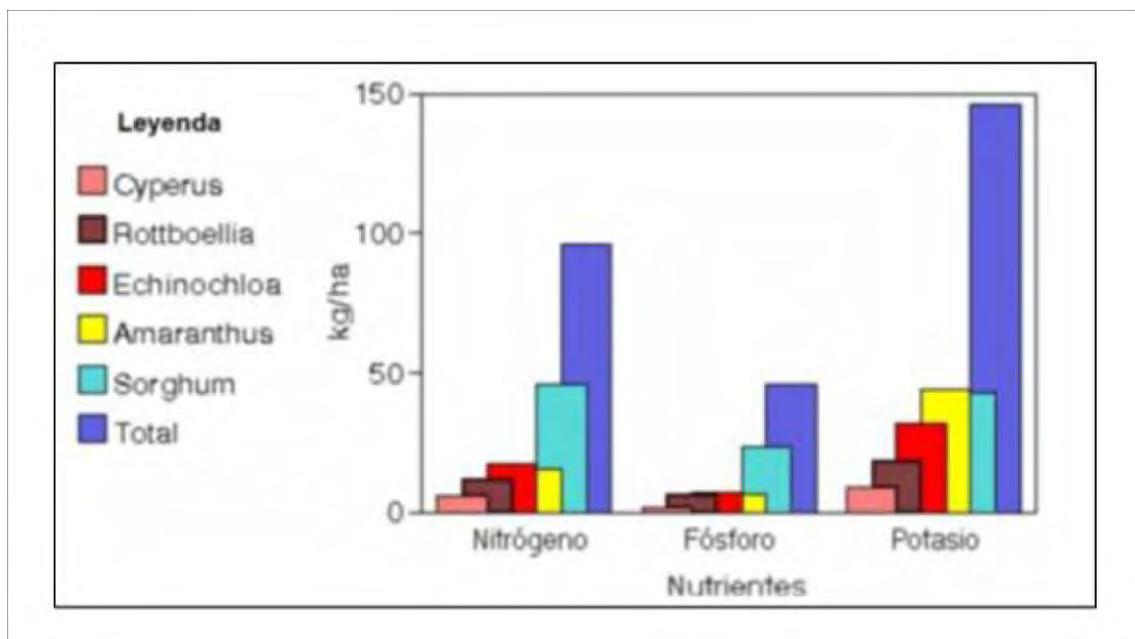


Figura 7.7. Niveles de extracción de N, P y K por cinco especies de malezas a cuatro meses de la plantación.

Otro aspecto negativo que se le confiere a las malezas es que son hospederas de plagas y enfermedades y obstaculizan la cosecha, fundamentalmente la mecanizada.

7.4 PERÍODO CRÍTICO DE COMPETENCIA DE MALEZAS Y UMBRAL ECONÓMICO DE DAÑOS

Las malezas causan su mayor daño, y en consecuencia las mayores pérdidas, durante ciertos períodos del crecimiento de las plantas cultivables; los que generalmente coinciden con las edades más tempranas de los cultivos, y en los que las medidas de control son de especial importancia; ya que las malezas que se desarrollan en períodos más tardíos del crecimiento de las plantas cultivables, suelen causar daños de menor importancia (Díaz y Pérez, 2004). El intervalo de tiempo durante el cual las malezas deben ser suprimidas para que no haya una caída de rendimiento es conocido como período crítico de competencia (Guzmán y Alonso, 2001).

Los agricultores, muchas veces por desconocimiento, frecuentemente desyerban en fases equivocadas del cultivo y no entienden que el control de malezas es más importante durante el llamado **período crítico de competencia**, con lo que se evitarían pérdidas importantes de producción (Rodríguez, 2008).

Uno de los aspectos de la interferencia más estudiados es el relativo a la duración de los períodos de presencia o ausencia de malezas. En condiciones de alta presión de infestación, el período crítico de competencia es aproximadamente equivalente al primer tercio o a la mitad del ciclo de vida del cultivo. No obstante, esta regla general de los períodos críticos de competencia, es considerablemente variable entre las diversas plantas cultivables.

En el cultivo de la caña de azúcar, cuando el enyerbamiento está presente en las etapas iniciales del crecimiento de la planta, las pérdidas son mayores. Resultados

experimentales obtenidos en Cuba mostraron que la competencia de las malezas, dentro de los primeros cuatro meses desde la plantación, es muy dañina para los rendimientos de caña y de azúcar. Díaz (2005), refiere que a los efectos de elaborar estimados generales la pérdida de 1,0 t de azúcar ha⁻¹ por cada 30 días de competencia durante los primeros cuatro meses desde la siembra o corte es bastante acertada.

La utilidad práctica del periodo crítico para el agricultor varía en dependencia de las especies presentes y sus densidades. Así, las agresivas malezas perennes, tales como *Cyperus rotundus* L., *Convolvulus arvensis* L., exigen mayor frecuencia de desyerbe que las malezas anuales. El periodo crítico también varía con la distancia entre surcos y la densidad de población del cultivo.

El concepto de umbral económico de daños fue desarrollado por los entomólogos y ha sido adaptado al manejo de malezas. El principio es simple: cuando se conoce la densidad de las malezas en un campo, se puede predecir el daño sobre el rendimiento del cultivo. La densidad de las malezas se determina a través de conteos del número de malezas en una distancia específica del surco del cultivo (o sea, el número de malezas por 10 metros de surco) o en un área dada, es decir, el número de malezas por metro cuadrado. Esto se realizará varias veces dentro de un campo y su valor promedio será al final determinado. La pérdida pronosticada del valor de la cosecha indicará la pérdida monetaria causada por las malezas no eliminadas. Si el costo de la medida de control es menor que la pérdida estimada, la práctica de control deberá ser realizada. Si los costos son iguales o exceden la pérdida esperada, la medida de control no se justifica.

7.5 PRINCIPALES ESPECIES DE MALEZAS QUE AFECTAN LA CAÑA DE AZÚCAR EN CUBA

Según Rodríguez *et al.* (2005), en Cuba se reporta la aparición de unas 200 especies de malezas, las cuales resultan una constante amenaza para la productividad de la caña de azúcar, debido a la competencia por la luz, humedad y nutrientes, y por ser hospedantes de plagas y enfermedades nocivas. Estudios realizados en suelos Ferralíticos Rojos de tres empresas azucareras de la provincia de Matanzas, indican la existencia de una amplia diversidad de especies de malezas, destacándose la clase Magnoliatae como la más representada y la Liliatae con las especies más agresivas, en su mayoría pertenecientes a la familia Poaceae.

7.6 MÉTODOS PARA EL CONTROL DE MALEZAS

Las malezas requieren un control adecuado y programado para disminuir los daños al cultivo. El control de malezas se ha convertido en el principal desafío para los productores, debido a su competencia que reduce el potencial de rendimiento de los cultivos con determinado interés económico (Correo, 2008).

Los métodos usados para el control de malezas son: físico, químico y biológico, así como su combinación (Monroig, 2010). Para Barberi (2003) los métodos de control de malezas comprenden los métodos indirectos (preventivos) y los directos (culturales y curativos). Existen varios métodos para el control de las malezas o para reducir su infestación a un determinado nivel, los más utilizados son: preventivos, físicos, culturales, químico, biológico y otros métodos no convencionales.

7.6.1 Métodos preventivos de control de malezas

El manejo preventivo intenta minimizar la introducción, establecimiento y diseminación de malezas hacia nuevas áreas y evitar la producción de semillas en las plantas existentes.

Un programa integral de manejo de malezas debe incluir medidas preventivas, como el uso de semillas certificadas; la restricción del movimiento y limpieza de equipos de

cosecha y aperos de labranza desde áreas infestadas; la limpieza de guardarrayas, orillas de campos, cercas, caminos, carreteras y canales (Figura 7.8); la cuarentena de animales de granja antes del movimiento desde estas áreas y la cuarentena e inspección legal para impedir la introducción externa o propagación interna de malezas problema.

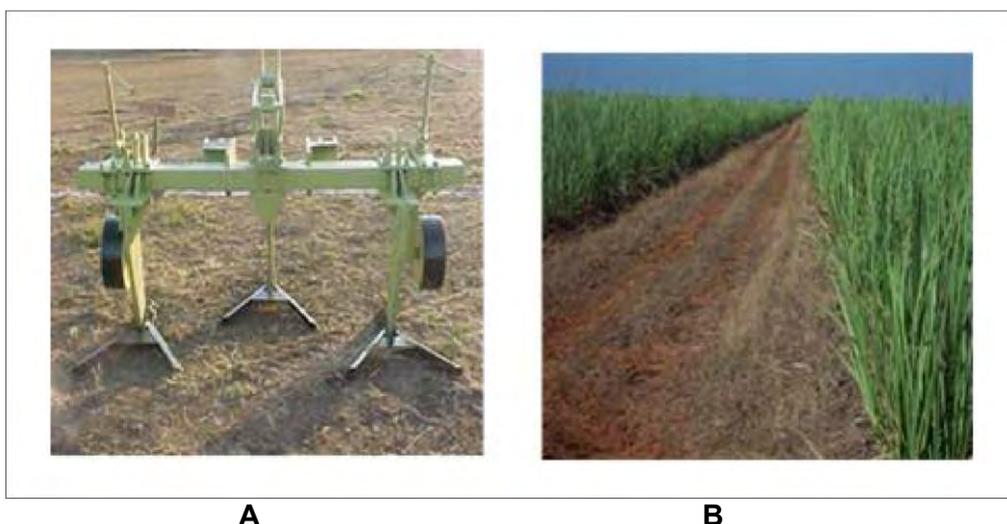


Figura 7.8. A. Implementos de labranza limpios. B. Guardarraya libre de malezas.

7.6.2 Métodos físicos de control de malezas

El control físico puede ser mecánico o térmico. El control mecánico es muy usado en caña de azúcar, provoca la muerte de las malezas por la ruptura de su unión con el suelo o por su cubrimiento con el mismo, utilizando para ello la propia mano del hombre, azadas, machetes o implementos tirados por animales o tractores. Este método tiene como ventajas su alta productividad y bajo costo; y como desventajas, su efecto poco duradero, la exigencia a la humedad del suelo, y la posibilidad de provocar aporques tempranos y de producir compactación del suelo (INICA, 2005).

7.6.2.1 Control manual de malezas

Para agricultores pequeños, de limitados recursos, el desyerbe manual es un componente importante de las prácticas de manejo de malezas. Entre las labores de control manual están el arranque manual (escarda) o con piocha (descepe), la guataquea y la chapea. Es muy útil en áreas donde existan pequeñas infestaciones de una especie peligrosa y agresiva que se requiera extirpar y extraer, para evitar su diseminación. Tal es el caso del descepe manual de las arvenses hierba de guinea (*Panicum maximum* Jacq.), don carlos (*Sorghum halepense* L.) y otras similares durante el período seco, práctica complementaria muy útil para evitar su retoñamiento y competencia en los estadios tempranos de desarrollo de la caña. Sin embargo, su efecto es de muy corta duración y puede causar daños directos al cultivo o favorecer el ataque de enfermedades. Este método en plantaciones grandes tiende a desaparecer (en varios países hace años) por la creciente escasez y elevado costo de la mano de obra para esta agotadora y poco productiva labor.

7.6.2.2 Control mecanizado de malezas

El cultivo mecanizado en caña de azúcar cumple varias misiones fitotécnicas tales como: la descompactación de los suelos, el acondicionamiento del terreno para la cosecha y el control de malezas. Puede ser realizado tanto con tracción animal como con tractores. El control con medios mecanizados es un componente importante del "Control Integral de Malezas" y debe ser utilizado en el momento oportuno y cada vez

que sea posible, ya que ello repercute directamente en la economía de productos herbicidas y de recursos financieros. Los equipos que básicamente se utilizan en el cultivo de desyerbe son la grada múltiple, el FC-8 y los MAU 250 C y M-160 (Figura 7.9). Estos implementos son capaces de romper y mullir el terreno, eliminando las malezas, tanto en caña nueva como en retoños, fundamentalmente en el camellón; aunque algunos son capaces también de hacerlo en el narigón si se le acopla el rake.



A

B

C

Figura 7.9. Diferentes implementos empleados en el control mecánico de malezas. A. Grada múltiple. B. Cultivador FC-8 C. Multiarado M 250 C.

El cultivador FC-8 es particularmente muy eficaz contra infestaciones de gramíneas (don carlos, zancaraña), ya que eleva los rizomas a la superficie y entierra las semillas a profundidades donde no es factible su germinación. Variantes de estos implementos han sido diseñados para su acople con tractores de alto despeje, que permiten prolongar la atención a las plantaciones hasta próximo al cierre de campo (Figura 7.10).



Figura 7.10. Tractores de alto despeje utilizados para realizar cultivo de desyerbe en plantaciones de caña de azúcar de mayor tamaño.

Los órganos de trabajo de los implementos usados en el control de malezas pueden ser de brazos, rígidos o flexibles, o de discos. A los brazos se fijan rejas en forma de cincel o acorazonadas, seleccionándose según el tipo de malezas y las condiciones de compactación del suelo. Las rejas de cincel deben ser usadas para malezas rizomatosas y suelo compacto y las de corazón para malezas pequeñas y suelo suelto. La ventaja de la selección adecuada del implemento en función de las características

de reproducción de las malezas puede apreciarse en la Figura 7.11, en la que se muestra el incremento de la población de tallos/metro en caña planta y retoño al disminuir la competencia del don carlos (*Sorghum halepense* L.) con el uso del MAU 250 C, un implemento de corte vertical que, a diferencia de los discos, no secciona los rizomas y por lo tanto no los multiplica, disminuyendo así el grado de infestación de esta especie.

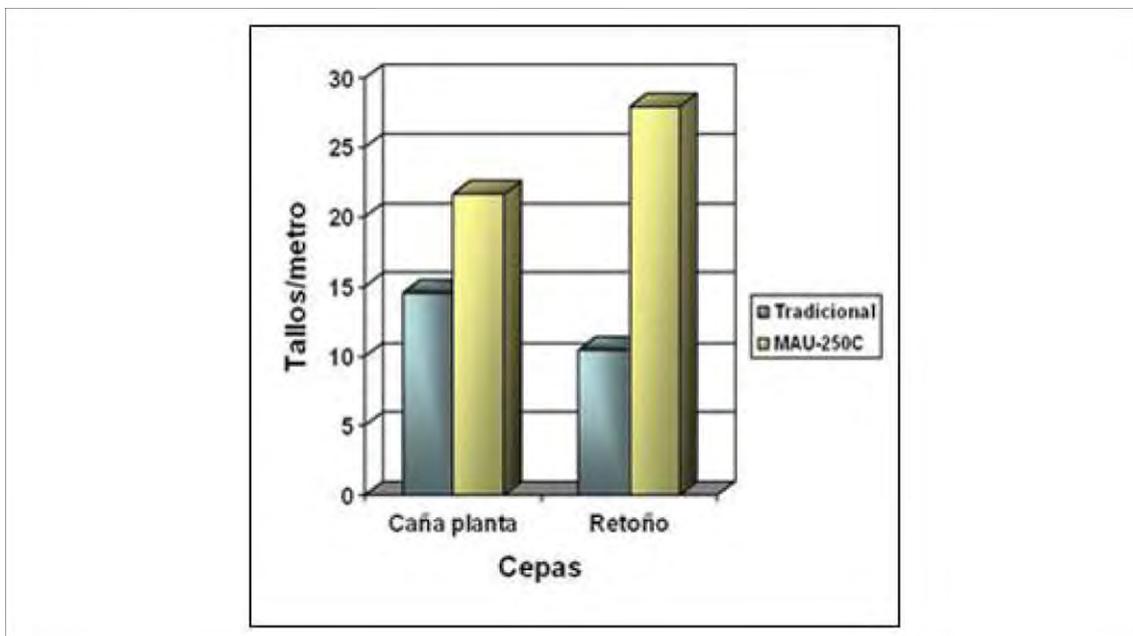


Figura 7.11. Incremento de la población de tallos/metro en caña planta y retoño al disminuir la competencia del don carlos con el uso del MAU 250 C.

La principal desventaja de esta forma de control es el poco tiempo de duración de su efecto sobre las malezas, siendo necesario realizar reiteradas labores de limpia, cuya frecuencia depende de factores tales como: comportamiento de las precipitaciones, especies de malezas predominantes y la calidad de la labor. Otra de las desventajas de este método es la compactación del suelo debido al tráfico de la maquinaria y provocada a profundidades mayores que la alcanzada por la labor, y que puede convertirse en un factor depresivo del crecimiento de las raíces y del rendimiento agrícola de la caña de azúcar.

7.6.3 Métodos culturales de control de malezas

Los métodos culturales comprenden la rotación de cultivos, la preparación del terreno, el uso de variedades competitivas, la distancia de siembra o plantación, el uso de cultivos intercalados o policultivo, la cobertura viva de cultivos, el acolchado, el manejo de los fertilizantes y el manejo del agua.

7.6.4 Método químico de control de malezas

El control químico es el que utiliza ciertas sustancias químicas, conocidas como herbicidas, con acción letal para todas o determinadas malezas (INICA, 2005). Requiere del uso de equipos de aplicación y personal adiestrado en el uso del producto, su aplicación, manejo y precauciones (Monroig, 2010). Los herbicidas pueden clasificarse desde diferentes puntos de vista, siendo los más importantes los siguientes: por el fin perseguido, por la forma de acción, por la vía de penetración y por el momento de aplicación.

En el control químico no sólo interviene la sustancia herbicida, además participan los surfactantes, con un rol en la aplicación no menos importante, debido a que favorecen

la adherencia del producto a la superficie foliar. Los surfactantes son sustancias que modifican la relación entre dos superficies, como pueden ser la de la hoja de una planta y la gota de un líquido, o mezcla de estos, asperjado sobre esta, confiriéndole propiedades deseables a dicha mezcla, tales como la emulsificación, la dispersión, la humectación, la adherencia y otras. Los surfactantes más usados en las aplicaciones de herbicidas son los humectadores, los detergentes y los emulsificantes.

Los humectadores o hipotensores disminuyen la tensión superficial de las gotas de aspersión, facilitando que las gotas se extiendan más y produzcan un mojado más completo de la superficie foliar. Los detergentes poseen propiedades que le permiten disolver las grasas de la superficie de las hojas y facilitar la penetración o absorción del herbicida por la planta. Los emulsificantes son sustancias que mantienen la mezcla de dos o más productos incompatibles entre sí (emulsión) en estado de suspensión inalterable, garantizando que los herbicidas mantengan sus propiedades físico-químicas estables.

7.6.4.1 Equipos de aplicación de herbicidas

La aplicación de herbicidas puede realizarse con equipos terrestres como mochilas de espalda y asperjadoras tiradas por tractor o con medios aéreos tales como aviones y helicópteros (Figura 7.12). La selección de uno u otro equipo dependen de varios factores; entre los cuales están el tamaño, el relieve y la presencia de obstáculos en el área a tratar, la colindancia con otros cultivos, el tipo de suelo y el tratamiento a utilizar, la existencia de pistas habilitadas al efecto y la disponibilidad de fuerza de trabajo.

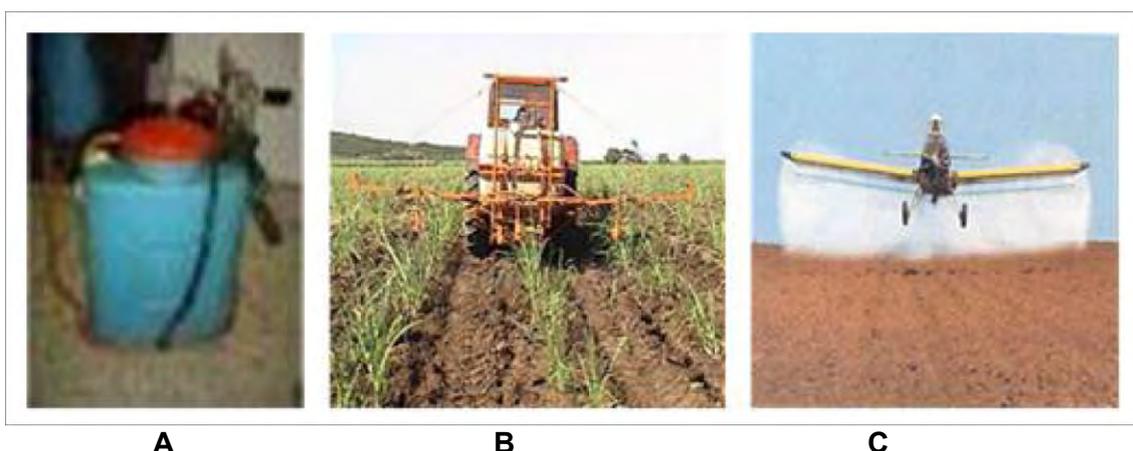


Figura 7.12. Diferentes equipos empleados en la aplicación de herbicidas. A Mochila. B. Asperjadora. C. Avión.

CAPÍTULO 8

NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN

Mario Ernesto de León Ortiz

Hipólito Israel Pérez Iglesias

Rafael Villegas Delgado

Todas las labores que se realizan en la cadena productiva de la caña de azúcar son importantes y deben estar armónicamente sincronizadas para que los rendimientos no declinen vertiginosamente. Especial atención se necesita brindar a la nutrición de esta planta y en particular a la fertilización, porque para las condiciones de Cuba, esta labor constituye una práctica cultural de máxima importancia para que los campos de caña alcancen rendimientos adecuados y estables. Su elevado costo, exige realizar un uso oportuno y efectivo para asegurar el máximo aprovechamiento. En los suelos tropicales donde los procesos de degradación son intensos, no es posible garantizar sin la aplicación de fertilizantes minerales, una nutrición balanceada de la caña de azúcar y mucho menos alcanzar producciones altas y rentables.

En este capítulo se exponen los elementos básicos indispensables, para manejar adecuadamente la fertilización mineral de la caña de azúcar, en las condiciones edafoclimáticas de Cuba, sin olvidar que los fertilizantes minerales son los de mayor impacto negativo en el entorno cuando se usan en exceso, sobre todo los nitrogenados y fosfóricos, pero bien utilizados, son capaces de aumentar los rendimientos hasta en un 25%, incrementar significativamente la rentabilidad del productor y la calidad de la materia prima en armonía con el entorno.

8.1 ELEMENTOS ESENCIALES PARA LAS PLANTAS

La nutrición de las plantas depende de 16 elementos esenciales (Tabla 8.1).

Tabla 8.1. Elementos esenciales para el crecimiento de las plantas.

Elementos o materiales	Símbolo o fórmula	kg ha⁻¹
Suministrado por el aire y el agua		
Hidrógeno (agua)	H ₂ O	2 - 6 millones
Oxígeno (aire)	O ₂	5 000 – 8 000
Carbono (dióxido de carbono)	CO ₂	15 000 – 25 000
Elementos primarios (Suministrados por el suelo y los fertilizantes)		
Nitrógeno	N	20 - 300
Fósforo	P	20 - 100
Potasio	K	20 - 400
Elementos secundarios (Suministrados por el suelo, fertilizantes o enmiendas)		
Calcio	Ca	20 - 400
Magnesio	Mg	20 - 100
Azufre	S	10 - 100
Microelementos (Suministrados por el suelo y los fertilizantes)		
Cloro	Cl	5 - 20
Hierro	Fe	1 - 5
Manganeso	Mn	0,5 - 5
Boro	B	0,2 - 2
Zinc	Zn	0,3 - 3
Cobre	Cu	0,2 - 2
Molibdeno	Mo	0,01 – 0,1

De ellos, tres: Carbono (C), Hidrógeno (H) y Oxígeno (O) constituyen cerca del 95% de la planta y provienen del agua y del aire. Estos tres elementos participan en la fotosíntesis. Los 13 elementos restantes se clasifican en mayores primarios, mayores secundarios y microelementos y son los que las plantas absorben del suelo o de los fertilizantes y enmiendas que se aplican. El hecho de que un elemento se encuentre formando parte de los tejidos de la planta no es prueba de que resulte esencial, pues para ello deben cumplirse determinados requisitos como son:

- El elemento debe estar directamente implicado en el metabolismo de la planta.
- En caso de insuficiencia aparecerán anomalías o síntomas definidos.
- De faltar, la planta no completará su ciclo vegetativo o reproductivo.

El calcio, el magnesio y el azufre se denominan elementos mayores secundarios, a diferencia de los principales (N, P, K) porque sus insuficiencias son menos frecuentes que las de estos últimos, y por lo tanto se usan menos como fertilizantes.

8.2 LEYES GENERALES DE LA FERTILIZACIÓN

8.2.1 Ley de restitución-Ley de conservación universal

–Restituirle al suelo los elementos esenciales que se han perdido por diversas vías, para evitar su agotamiento nutricional” (Figura 8.1).



Figura 8.1. Restitución de los nutrientes que salen del suelo por exportación de la cosecha, lavado y erosión, mediante la aplicación de fertilizantes.

8.2.2 Ley del mínimo y de interdependencia-Ley biológica universal

–Del conjunto de nutrientes esenciales, el que se encuentre al mínimo con respecto a las necesidades de la planta (K, en la Figura 8.2) es el que determina el rendimiento que se alcanzará (nivel de agua del barril en la ilustración)”. De ahí que sólo aplicando potasio sería posible en este caso aumentar el rendimiento.

El vaso comunicante en el barril, representa el potencial genético de rendimiento de la variedad (genotipo), el cual se alcanzará en mayor o menor medida, dependiendo de los factores nutricionales que limiten los rendimientos (ambiente). Desde otro punto de vista, serán mejor aprovechadas las potencialidades de rendimiento en un ambiente

determinado, mientras mayor potencial de rendimiento posea la variedad plantada, lo que ilustra la relación entre el genotipo y el ambiente.



Figura 8.2. Esquema que representa la ley del mínimo.

Las tres patas que sostienen el barril representan aquellos factores que poseen mayor influencia sobre las propiedades del suelo que definen el rendimiento del cultivo. Estas son:

1. **El estado estructural del suelo:** Dado que el deterioro de la estructura define la degradación física del suelo, manifestada principalmente a través de problemas de compactación, impermeabilidad, costras, mal drenaje, pobre aireación y erosión (hídrica y eólica).
2. **La materia orgánica del suelo (MOS):** La cual favorece diferentes propiedades del suelo. Este efecto beneficioso es mayor mientras más humificada se encuentre la MOS.
3. **La reacción del suelo o pH:** El cual influye sobre las propiedades físicas, químicas, físico-químicas y biológicas del suelo.

8.2.3 Ley de los aumentos decrecientes-Ley económica universal

–Guando se aportan cantidades crecientes del elemento esencial que limita el rendimiento del cultivo (factor limitante), a aumentos constantes, corresponden incrementos cada vez menores del rendimiento a medida que la cosecha se acerca a su máximo”. Esto explica porque el óptimo económico de la dosis de aplicación de un nutriente, es algo inferior al máximo rendimiento que se puede alcanzar con el suministro de la misma. Aplicaciones por encima de las necesarias para alcanzar un máximo rendimiento sólo ocasionan mayores gastos y deterioro ambiental (consumo de lujo) y puede llegarse a un exceso nutricional, con disminución de los rendimientos (Ley del máximo) (Figura 8.3).

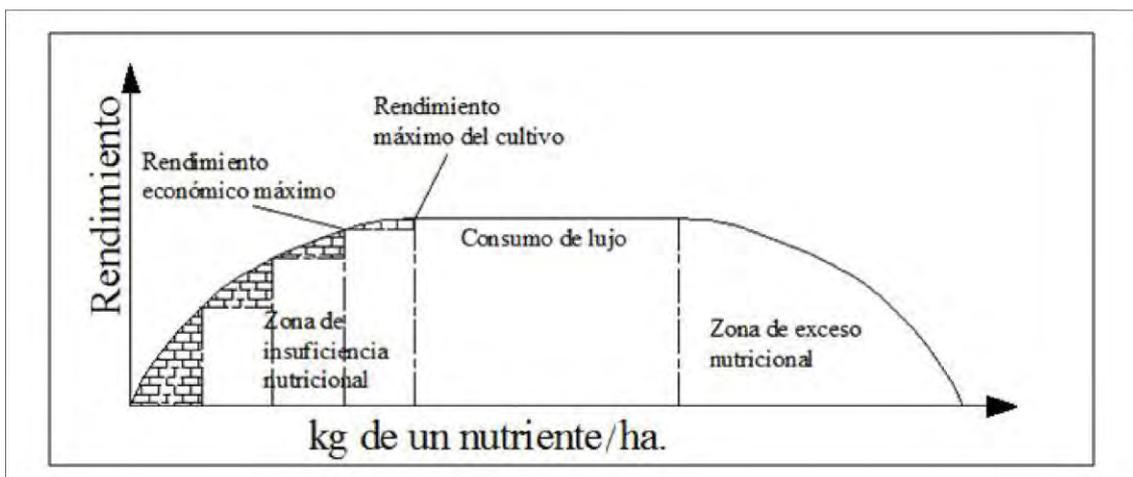


Figura 8.3. Incremento en rendimiento a dosis crecientes de fertilizantes.

Desde el punto de vista de la ley del mínimo, cualquiera de los factores ambientales que actúe como limitante, impedirá que otro factor modifique favorablemente el rendimiento. Como el efecto de la fertilización mineral sobre el rendimiento depende de una gran cantidad de factores presentes en cualquier localidad, estos deben ser evaluados y categorizados para emplear en correspondencia con ellos un manejo agrícola adecuado. Por ejemplo, en un campo infestado de malezas o con fuerte ataque de plagas o enfermedades, podrían resultar inútiles todos los esfuerzos que se realicen por aumentar los rendimientos mediante el empleo de fertilizantes.

El uso racional de los fertilizantes posee un interés económico, como se explica por la ley de los aumentos decrecientes, una vez que se llega al tope de rendimiento, las aplicaciones adicionales no aumentan el rendimiento, incluso éstas pueden resultar en un exceso que afecte el rendimiento o la calidad del producto agrícola (Ley del máximo). Por otra parte, existe un daño ecológico, pues la porción del fertilizante que no es extraída por la planta queda como residuo en el suelo, donde podría perderse por diferentes vías, contaminando el entorno o creando un exceso nutricional perjudicial para la producción o para la calidad del producto agrícola.

8.3 FUNDAMENTOS PARA EL EMPLEO EFICIENTE DE LOS FERTILIZANTES MINERALES (NPK) EN LA CAÑA DE AZÚCAR

Atendiendo a las leyes mencionadas es necesario precisar en cada localidad cual o cuales nutrientes limitan el rendimiento de la caña de azúcar y que dosis, momento, lugar y forma de aplicación del fertilizante que lo(s) contiene debe utilizarse para alcanzar los mejores resultados económicos y ecológicos, basado en los principios del manejo sostenible de tierras.

8.3.1 Nitrógeno

8.3.1.1 El nitrógeno en la naturaleza

En el aire comprendido sobre una hectárea de tierra hay alrededor de 85 000 toneladas de nitrógeno⁴, pero éste es inaccesible en forma directa para las plantas superiores. Sin embargo, la atmósfera sólo contiene un 6% del nitrógeno total en la tierra, el resto se encuentra en la litósfera, principalmente en los minerales primarios del manto, bajo formas no alcanzables ni disponibles para las plantas.

⁴El nitrógeno constituye el 78% en volumen del aire seco y el 75,5% de su masa.