

se muestra una surquería efectuada a favor de la máxima pendiente en la UBPC Tuinucú, lo cual acelera el proceso de erosión del suelo y por tanto la disminución de su potencial productivo.

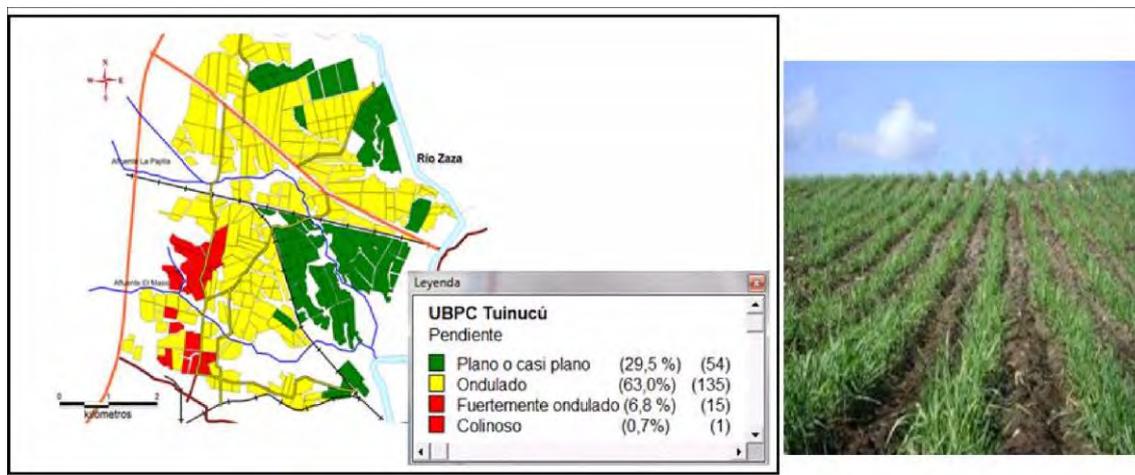


Figura 3.7. A. Distribución geo-espacial por UMMA de las diferentes categorías de pendiente del terreno en la UBPC Tuinucú. B. Plantación realizada con los surcos a favor de la máxima pendiente.

Tipo de erosión: La erosión es uno de los factores que más influye en la degradación y acidificación de los suelos cubanos. En las áreas evaluadas en la UBPC Tuinucú es significativo que 361,02 ha (18,7%) y 432,43 ha (22,5%) se encuentran afectadas por la erosión en surcos y en cárcavas respectivamente, por lo que el 51,2% del área presenta afectaciones severas debido al arrastre de partículas y 1 131,66 ha (58,8%) presentan erosión laminar (Figura 3.8A). En la Figura 3.8B se evidencia la intensidad de los procesos erosivos que caracterizan las áreas cañeras de la UBPC Tuinucú.

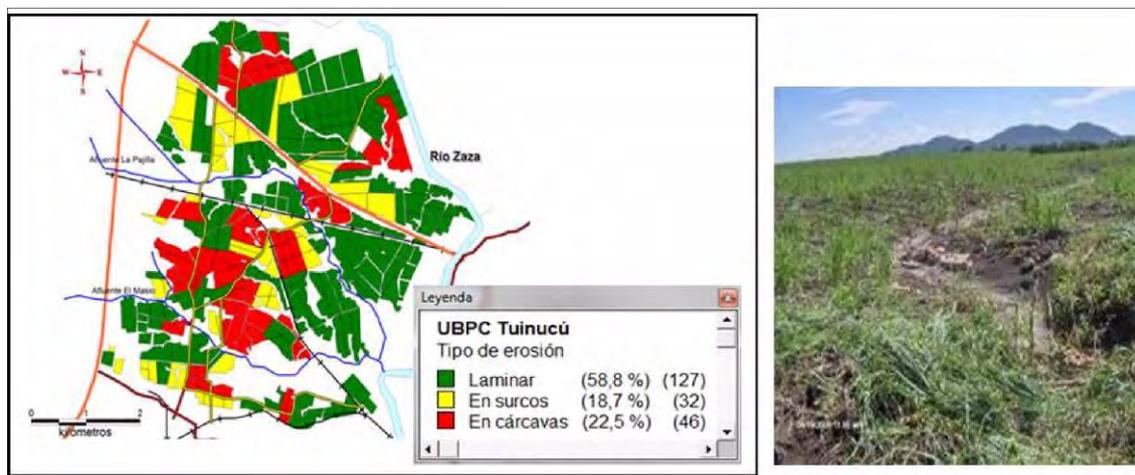


Figura 3.8. A. Distribución geo-espacial por UMMA de las diferentes categorías de erosión en la UBPC Tuinucú. B. Cárcava que muestra la intensidad de los procesos erosivos que se desarrollan en la unidad de producción.

Compactación del suelo: La compactación del suelo es originada por las diferentes operaciones agrícolas que se realizan, entre las que se encuentran la preparación de tierras, siembra, cultivo y cosecha de la caña.

Los valores registrados en la UBPC Tuinucú muestran cifras que fluctúan desde la categoría de suave con 39,65 ha (2,1%), ligeramente compacto con 328,99 ha (17,1%), compacto con 1 085,06 ha (56,3%) y muy compacto con 471,89 ha (24,5%). En el 80,8 % del área se presentan condiciones favorables para que se produzcan arrastres de partículas de suelo por escorrentías en el periodo lluvioso, al disminuir la infiltración del agua en el suelo (Figura 3.9A). En la Figura 3.9B se observa un área cañera de la UBPC Tuinucú afectada por compactación del suelo, obsérvese el piso de arado formado.

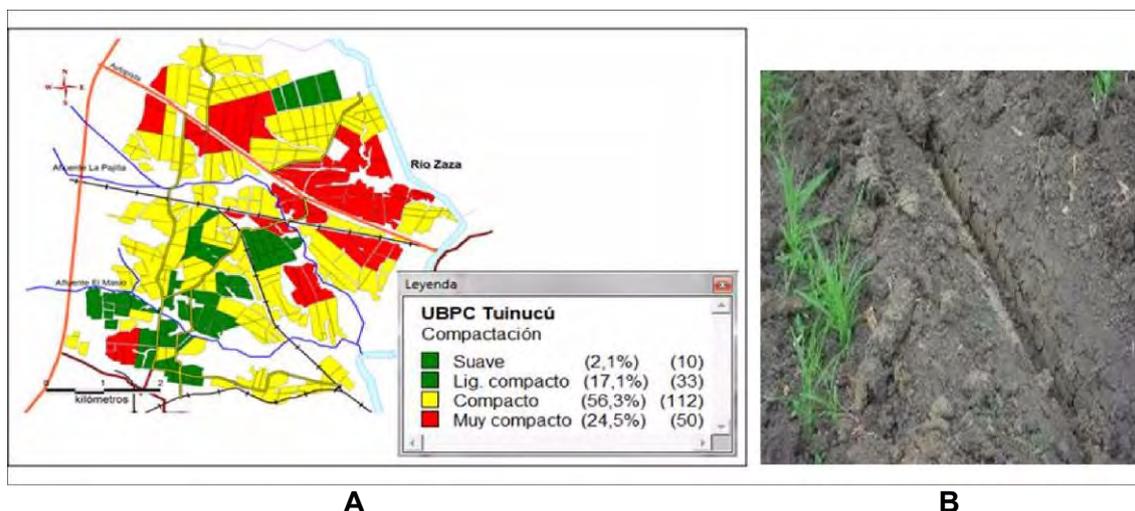


Figura 3.9. Distribución geo-espacial por campo de caña de las diferentes categorías de compactación. B. Suelo compactado con poca profundidad efectiva donde se puede apreciar el piso de arado formado.

En suelos compactos los agregados sufren un empaquetamiento por la presión externa, que provoca una disminución del espacio poroso y por ende la disminución del oxígeno disponible y el agua aprovechable por la planta, además se reduce la velocidad de infiltración y se dificulta el desarrollo del sistema radical e incide directamente en el rendimiento agrícola de la caña de azúcar (Cuéllar *et al.*, 2003). En Cuba el 24 % de la superficie agrícola presenta afectaciones por compactación (Instituto de Suelos, 2010).

3.4 PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA MITIGAR LA DEGRACIÓN DEL SUELO

Para lograr un aumento de la producción de alimentos hay que conocer y manejar adecuadamente el suelo. Desafortunadamente esto no ha sido así. La degradación del suelo a nivel mundial aumentó en el período comprendido entre 1945 y 1990, en un 17%, contra un 6% solamente en el período de 1900-1945. Esta situación resulta más compleja hoy día a la luz de la problemática del cambio climático que está sucediendo en el mundo.

Estudios realizados con experimentos de larga duración en la red experimental del INICA, demostraron que el monocultivo de la caña de azúcar contribuye a la degradación paulatina del suelo, con una disminución en el contenido de materia orgánica, acentuándose progresivamente, cuando se elimina la lámina de residuos de cosecha dejada en el campo por la quema u otras prácticas culturales (Pablos *et al.*, 2007).

3.4.1 Descompactación

Subsolación: Se puede hacer solamente cuando el suelo está seco hasta ligeramente húmedo lo cual es más difícil en suelos arcillosos. La subsolación en el estado seco

requiere mucha potencia y frecuentemente deja agregados muy grandes en la superficie, lo que requiere labranzas secundarias para formar condiciones deseables para la plantación, germinación y crecimiento inicial de la caña de azúcar.

Cultivo profundo: Cumple el objetivo cuando es necesario descompactar el suelo y mejorar el drenaje. Es deseable realizar el cultivo profundo después de la fertilización y otras operaciones llevadas a cabo con tractores que contribuyen a la compactación del terreno, siempre que no se retrase más de 25 días después del corte para que no dañe el nuevo sistema radical y una profundidad superior a los 25 cm (Santana *et al.* (2007).

Cultivo tradicional: Se utiliza en áreas en las que no se recomienda el cultivo profundo o donde no existen equipos con las condiciones para realizarlo. La descompactación se realiza sólo entre 15 y 25 cm. de profundidad, con órganos de trabajo del subsolador separados de 1,10 a 1,20 m. Como complemento al cultivo pueden utilizarse rodillos dentados o gradas múltiples para proteger la cobertura de residuos (Santana *et al.*, 2007).

3.4.2 Control de la erosión

El control eficiente de la acción erosiva de las lluvias puede ser obtenido a través de la implantación de un conjunto de prácticas de conservación de suelos. Estas prácticas comprenden, la sistematización y la protección del área para controlar el escurrimiento superficial. La problemática de la erosión del suelo es necesario enfrentarla de una manera integral, con la aplicación, el perfeccionamiento y la adecuación local, de una serie de medidas anti-erosivas sencillas y factibles desde el punto de vista técnico y económico (Riverol *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2012). Algunas de estas medidas se describen a continuación:

Barreras físicas para el control y encauzamiento de la escorrentía: Del total del agua que llega al suelo bajo la forma de lluvias intensas, una parte se infiltra y el resto pasa a formar la escorrentía, concentrándose en las depresiones naturales del terreno, escurriendo hasta encontrar áreas de deposición natural (planicies, bajadas, red de drenaje). A medida que la escorrentía avanza, aumenta su velocidad y volumen. Cuanto mayor es la escorrentía, mayor es su capacidad de causar erosión, la velocidad crítica de escurrimiento de la escorrentía en la cual comienza el arrastre de partículas desagregadas es de 5 m/segundo en suelos arenosos y 8 m/segundo en suelos arcillosos.

Las prácticas de sistematización y protección del área tienen por objetivo la implantación racional de obstáculos, drenajes o vías de acceso contra la acción de la escorrentía, su implantación promueve alteraciones morfológicas en la superficie del suelo. Las prácticas tradicionales implantadas para este fin son: canales de escurrimientos, banquetas individuales, cordones de vegetación permanente y rompevientos.

Rotación e intercalamiento de cultivos: La rotación de cultivos se define como la sucesión de un cultivo por otro en el tiempo siguiendo criterios por los cuales se beneficie la interrelación suelo-planta. La asociación de cultivos se define como el arreglo de dos o más cultivos en un mismo campo siguiendo criterios por los cuales se haga un mejor aprovechamiento del suelo y de los sinergismos y complementariedades que esta práctica pueda facilitar. En el caso de la asociación de cultivos se pueden presentar varios tipos de arreglos.

Los efectos de los abonos verdes en las propiedades físicas del suelo, pueden ser observados durante dos fases: La primera, se refiere a la protección de las capas superficiales del suelo por la cobertura que estas plantas originan. La segunda, se refiere a la incorporación de materia vegetal al suelo.

Cobertura del suelo: La cobertura del suelo tiene una acción protectora por la interceptación y absorción del impacto directo de la gota de lluvia, previniendo así el sellado de la superficie y preservando la estructura del suelo inmediatamente por

debajo de la misma. De esa manera, la infiltración del agua puede ser mantenida a lo largo de la lluvia. Por lo tanto, aumentando la cobertura del suelo se reducen la desagregación y movimiento de éste por la salpicadura de la lluvia, el promedio de la velocidad y la capacidad de transporte del flujo superficial.

El volumen de escurrimiento superficial, es afectado por la calidad y cantidad de residuos a través del retardo en el inicio de la escorrentía, del aumento del tiempo entre el inicio de la misma y el primer litro de agua escurrida y la disminución del tiempo entre el final de la lluvia y el final de la escorrentía.

La cobertura vegetal viva o muerta es el factor que mayor influencia ejerce sobre la superficie del suelo, previniendo la desagregación de éste. También disminuye la velocidad de la escorrentía, la concentración y el tamaño de los sedimentos transportados y por lo tanto, las tasas de pérdida de suelo y agua. La cobertura vegetal también ejerce influencia sobre la humedad y la temperatura del suelo.

3.5 PRÁCTICAS DE MANEJO IMPLANTADAS EN LA UBPC TUINUCÚ

3.5.1 Surque perpendicular a la máxima pendiente

Para contrarrestar los efectos combinados de la pendiente y la orientación de los surcos sobre la erosión, se efectuó el trazado de los surcos perpendicular a la máxima pendiente en las áreas de cañas nuevas. Esta práctica agrícola disminuye la velocidad de las aguas de escorrentías y contribuye a la retención de partículas de suelo (Rodríguez *et al.*, 2012) (Figura 3.10).



Figura 3.10. Surcos trazados perpendiculares a la máxima pendiente para contrarrestar los efectos de la erosión por escorrentía en la UBPC Tuinucú. Nótese la cantidad de suelo acumulado entre los surcos.

3.5.2 Corrección de cárcavas

La corrección de cárcavas se realizó con la utilización de piedras y obstáculos recogidos en el propio campo. Con esta práctica se atenuaron los procesos degradativos del suelo y se rehabilitaron áreas inutilizadas, lo que permitió el incremento de la producción de caña y recuperar el empleo de la mecanización al permitir el paso de las cosechadoras (Figura 3.11).

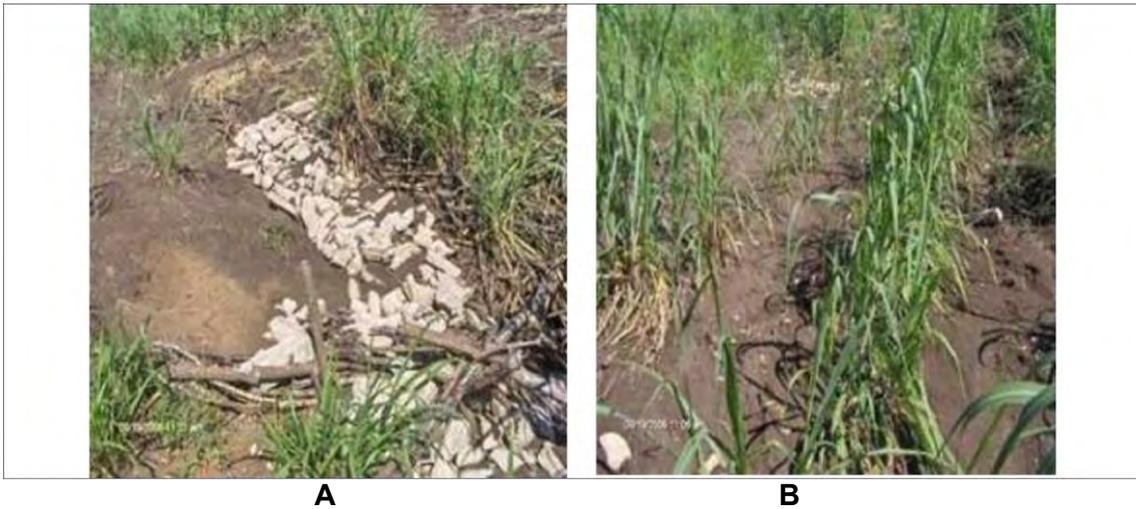


Figura 3.11. A. Corrección de cárcavas realizada con piedras y obstáculos recogidos en el propio campo. B. Caña de azúcar en pleno desarrollo donde estaba la cárcava, después que el área afectada se rellenó del suelo proveniente de la escorrentía.

3.5.3 Establecimiento de barreras muertas

Practica agrícola que, en la mayoría de los casos, se combina con la corrección de cárcavas, se efectúa con materiales locales presentes en el propio campo de caña, entre los que se encuentran piedras, ramas, troncos y restos de cosecha. Al establecerla se logra detener los arrastres de partículas por las escorrentías (Figura 3.12).



Figura 3.12. Establecimiento de barreras muertas que evita la pérdida del suelo por las escorrentías.

El establecimiento de estas prácticas agrícolas y de otras como, siembra en contorno, rotación e intercalamiento de cultivos, aplicación de enmiendas orgánicas, uso de abonos verdes, posibilitarán mitigar la degradación del suelo y el incremento de la producción agrícola, por lo que es indispensable elevar el conocimiento de los productores, en relación con el adecuado uso y explotación del recurso suelo, que permita mantener sus potencialidades para las presentes y futuras generaciones en armonía con el entorno.

CAPÍTULO 4

VARIEDADES Y SEMILLAS

Ibis de las Mercedes Jorge Gómez

José María Mesa López

Ignacio Santana Aguilar

Odalís Nodarse Vázquez

Héctor García Pérez

Héctor Jorge Suárez

Desde hace muchos años el hombre ha prestado especial atención al cultivo de nuevas variedades más productivas. Se conoce que en la segunda mitad del siglo XVIII, disponía la agroindustria azucarera de cinco variedades, todas pertenecientes a *Saccharum officinarum*, que fueron paulatinamente sustituidas por nuevos híbridos, resultantes de los primeros trabajos de mejoramiento genético realizados en Java, India y Barbados.

En Cuba, los primeros híbridos de factura nacional comenzaron a emplearse comercialmente en 1930 y a partir de 1964 con la creación del INICA, la actividad de obtención de nuevas variedades, comenzó a jugar un papel protagónico en la agroindustria azucarera del país.

La experiencia de los mejoradores y productores cañeros cubanos en las últimas cuatro décadas, junto a los resultados de las investigaciones han convertido al conocimiento del uso y manejo de las nuevas variedades y su correcta ubicación, en una tecnología de singular importancia para el incremento de la producción y consecuentemente la reducción de los costos del sector agroazucarero, puesto que a diferencia de otras tecnologías que requieren inversiones costosas, el principal recurso de ésta lo es el uso de la experiencia acumulada y la inteligencia humana.

4.1 OBTENCIÓN DE VARIEDADES

Los cultivares comerciales de caña de azúcar son híbridos originados de progenies de cruces entre cañas “nobles” (*Saccharum officinarum* L.) y silvestres (*S. spontaneum* L., *S. sinense* Roxb., o *S. barberi* Jesw.), retrocruzados con *S. officinarum* en un proceso llamado “nobilización” (Edmé *et al.*, 2005). El objetivo central de todo programa de mejoramiento de cualquier cultivo de importancia económica, es la liberación de cultivares más productivos, resistentes a las principales plagas y adaptados a las más disímiles condiciones de explotación comercial.

Se estima que la contribución del Mejoramiento Genético al incremento de los rendimientos en los cultivos de manera general es alrededor del 50% y en la caña de azúcar, específicamente, se le atribuye un 75% de incremento de los rendimientos.

En el contexto de la agricultura cañera cubana, con la creación del INICA en 1964, el resultado más relevante del mejoramiento genético está, en el incremento de los cultivares nacionales en la composición varietal del país; de solo el 2% en 1943, 36% en 1979 hasta 85% en el 2010. El mejoramiento genético de la caña de azúcar, parte de disponer de una amplia variabilidad genética, donde puedan ser seleccionados los progenitores que presenten los genes que se desean mejorar (Jorge *et al.*, 2011).

4.1.1 Colección de germoplasma

Constituye el “almacén” de genes, donde se halla la mayor fuente de variabilidad genética para la mejora del cultivo, incluye formas originales de *Saccharum* y géneros afines (*Miscanthus*, *Erianthus*, *Ripidium*) e híbridos comerciales. Esta colección es

evaluada y caracterizada con vista a seleccionar los progenitores que se utilizarán en la hibridación, de acuerdo a los intereses de mejora.

Por la cantidad de genotipos presentes en la colección (3 421); la de Cuba está considerada entre las cuatro más numerosas del mundo. Es una tarea permanente para los mejoradores el mantenimiento y conservación del banco de germoplasma, con vistas a que no se erosione o pierda ningún individuo, así como su ampliación mediante la importación e introducción de variedades de otros países y la incorporación de los genotipos que son obtenidos nacionalmente.

4.1.2 Introducción de variedades

La importación de variedades foráneas está considerada dentro de las vías de obtener variabilidad en el cultivo de la caña de azúcar. Se realiza con dos fines, introducir nuevos progenitores, así como disponer de nuevos cultivares para la práctica comercial. En ese último aspecto hay que tener en cuenta que no siempre los genotipos líderes dentro de determinado país, resultan destacados en otros, requiriéndose un proceso de evaluación.

La compra o el intercambio de material genético, factor importante en el incremento de los rendimientos cañeros, se ha convertido en una de las vías más utilizadas en la importación de variedades. Esta acción significa un riesgo en la introducción de enfermedades y plagas exóticas, si no se cumplen las funciones de la cuarentena vegetal.

4.1.3 Cuarentena vegetal

Es el conjunto de regulaciones y restricciones (controles legales) que se imponen al transporte de plantas, frutos, vegetales y otros que se estime, que puedan ser portadores de plagas y enfermedades. La importancia de la cuarentena está dada, porque permite prevenir la entrada al país importador, de determinadas plagas y enfermedades de las plantas; así como erradicar, controlar o retardar la propagación de cualquier enfermedad o plaga que hubiera sido introducida al país importador.

La cuarentena vegetal, es una práctica que se ha establecido en todos los países que intercambian material genético (variedades y cultivares promisorios), como medida eficaz para la protección sanitaria de los cultivos. En Cuba, la condición de isla sin fronteras terrestres, facilita el trabajo de cuarentena y la vigilancia y control entonces se centra en las terminales aéreas y puertos marítimos.

En el caso del cultivo de la caña de azúcar se han establecido dos fases de cuarentena, una primera denominada cuarentena cerrada, que se realiza en la Isla de la Juventud, donde no se cultiva comercialmente la caña de azúcar.

Todo el material que arriba al país, después de cumplir ciertos requisitos para su importación, es trasladado a esa estación y cumple dos etapas; una en aislador y otra en campo. En la primera etapa se realiza una inspección para comprobar las afectaciones o presencia de organismos nocivos, garantizando su eliminación en caso de estar algunos presentes. Todo material que resulte contaminado con organismos nocivos objeto de cuarentena o sospechosos, ante la no conclusión exacta de un diagnóstico, se elimina e incinera (Figura 4.1).

Previo a la plantación en macetas con un sustrato estéril, en cubículos separados por envíos y países, el material se trata térmicamente (52^oC durante 20 minutos), se sumerge en una solución con fungicidas e insecticidas y se planta. La cuarentena en condiciones de aislador dura un año como mínimo, durante ese período se chequea sistemáticamente el material importado por especialistas de la estación de cuarentena e inspectores de Sanidad Vegetal y los resultados son plasmados en un libro registro habilitado en cada cubículo.



Figura 4.1. Instalaciones de la Estación de Cuarentena de la caña de azúcar en la Isla de la Juventud. A. Laboratorio de diagnóstico. B. Incinerador.

Los individuos aprobados por estar libres de plagas pasan a la fase de campo. De igual manera se realizan las observaciones fitosanitarias. De confirmarse la presencia de algún organismo nocivo, se procederá según oriente Cuarentena Vegetal Nacional y las medidas incluirán tanto al material en fase de campo, como su réplica en aislador de existir ésta aún.

A los seis meses de la plantación se realiza el corte del material apto y se mantiene en observación el primer retoño otros seis meses más, donde se autoriza o no su liberación a la cuarentena abierta.

La cuarentena abierta se realiza en un punto dentro del territorio nacional previamente autorizado por la dirección de Sanidad Vegetal. Los envíos de material para este caso, no excederán de 40 trozos de tres yemas por variedad y llegan a la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Matanzas en Jovellanos, acompañadas de un Certificado Fitosanitario de Libre Tránsito y de manera obligatoria será desinfectado con fungicidas e insecticidas sistémicos.

Antes de la plantación el material importado recibirá tratamiento hidrotérmico (50,5°C durante dos horas) y será ubicado atendiendo a su origen, con una separación de 8-10 m entre uno y otro envío.

Se mantiene igual régimen de observaciones que en las fases anteriores durante un período de 12 meses. Cuando se detecten posibles signos o síntomas de organismos nocivos objeto de cuarentena, se comunicará inmediatamente al Servicio de Cuarentena (Estación Territorial de Protección de Plantas), quienes procederán a la toma de muestras y envío al Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal y orientarán las medidas necesarias que impidan la diseminación del organismo nocivo en cuestión.

Concluido el período se realizará la inspección final y se libera el material para su inclusión en la Colección de Germoplasma y al esquema de mejora en la fase del segundo lote clonal.

Después de evaluada la colección de germoplasma y en correspondencia con los intereses de mejora, son seleccionados los progenitores que se utilizarán en las campañas de cruzamiento.

4.1.4 Lote de hibridación

Es un área donde se plantan los progenitores seleccionados con el objetivo de garantizar las panículas para los apareamientos. Se establecen en el caso de países que no disponen de recursos para la construcción de casas de fotoperíodo, en localidades donde la floración es inducida de manera natural, mediante la

conceptualización de una estrategia que permite aumentar la explotación de la variabilidad genética, presente en el banco de germoplasma y con ello aumentar la base genética de los cultivares (Caraballosa, 2012) (Figura 4.2).



Figura 4.2. A. Lote de hibridación ubicado a 730 m de altura en la zona de Mayarí, del macizo montañoso del Escambray donde la floración de la caña de azúcar es muy profusa debido a la disposición de las montañas que reducen considerablemente las horas luz que las plantas reciben durante el día B. Casa de cruzamiento del Centro Nacional de Hibridación de la Caña de Azúcar perteneciente al INICA ubicado en poblado de Guayos, provincia de Sancti Spiritus.

Cruzamiento: Consiste en el apareamiento entre progenitores previamente seleccionados según las características que se desean mejorar, que sincronicen su floración para disponer, de panículas femeninas (con bajo porcentaje de polen fértil) y masculinas (más de 20% de polen fértil) para que se produzca la fecundación.

De acuerdo al número de progenitores que se emplean en cada apareamiento, se clasifican en: biparentales, cuando se aparean solamente un progenitor femenino con otro masculino y policruzamientos cuando se emplean un progenitor femenino con varios masculinos (Figura 4.3). Los policruces permiten ampliar la variabilidad de las progenies al combinar una mayor cantidad de genes.

Las panículas femeninas, se aíslan mediante gorros de tela, para evitar la fecundación de progenitores no deseados. El período de apareamiento hasta la maduración y cosecha de las panículas, puede extenderse hasta 45 días aproximadamente. El proceso de mejora, continúa después de los cruzamientos, con la germinación de la semilla obtenida, proceso que necesita condiciones especiales de temperatura y luz, logable en condiciones de invernadero. A partir de obtenidas las posturas, comienza un proceso de selección a través de un grupo de etapas, que permite ir decantando las poblaciones hasta llegar al producto final, los nuevos cultivares.

4.1.5 Esquema de selección de la caña de azúcar en Cuba

El esquema de selección para la obtención de nuevos cultivares en Cuba, se basa en la experiencia acumulada por más de 60 años, en los resultados de las investigaciones desarrolladas y en las principales tendencias del mejoramiento de la caña de azúcar en el mundo.

Se establecen cuatro etapas fundamentales (Lote de posturas, Primer y Segundo Lote Clonal y Estudios multiambientales) hasta la liberación de los materiales a los estudios de extensión, así como dos interfases; una para la producción de la semilla a utilizar en la última etapa y otra paralela a la misma, donde se comprueba la resistencia genética de los genotipos a las plagas principales que afectan el cultivo.

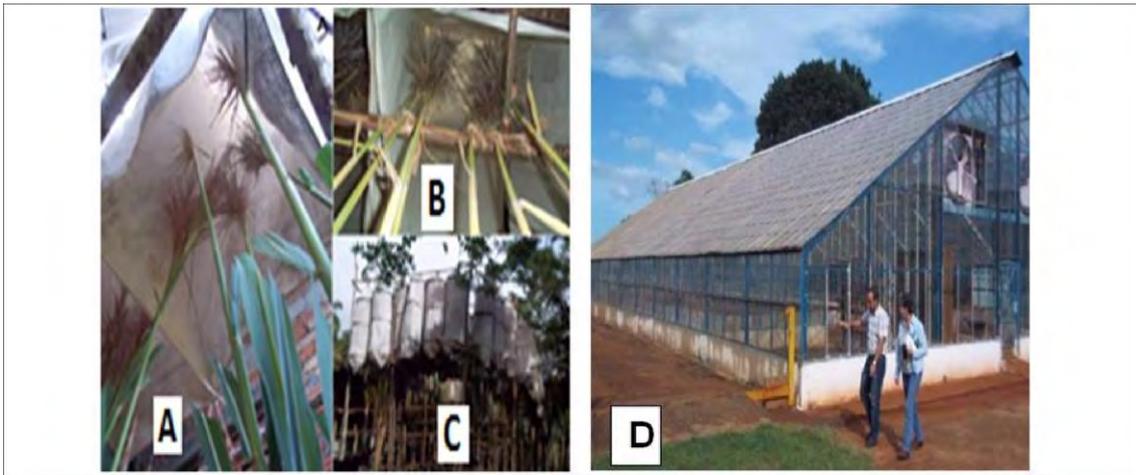


Figura 4.3. Cruzamientos de caña de azúcar. A. Biparentales. B. Policruces. C. Bateria de cruces biparentales. D. Invernadero donde se germina la semilla botánica.

En las etapas iniciales se aplican intensidades de selección moderadas y se utiliza la selección combinada individuo-familia, para un mejor aprovechamiento de la variabilidad genética, teniendo en cuenta los índices de repetibilidad y heredabilidad en las mismas. Como se puede apreciar el tiempo que media para la obtención de una variedad de caña está entre 10-12 años (Figura 4.4).

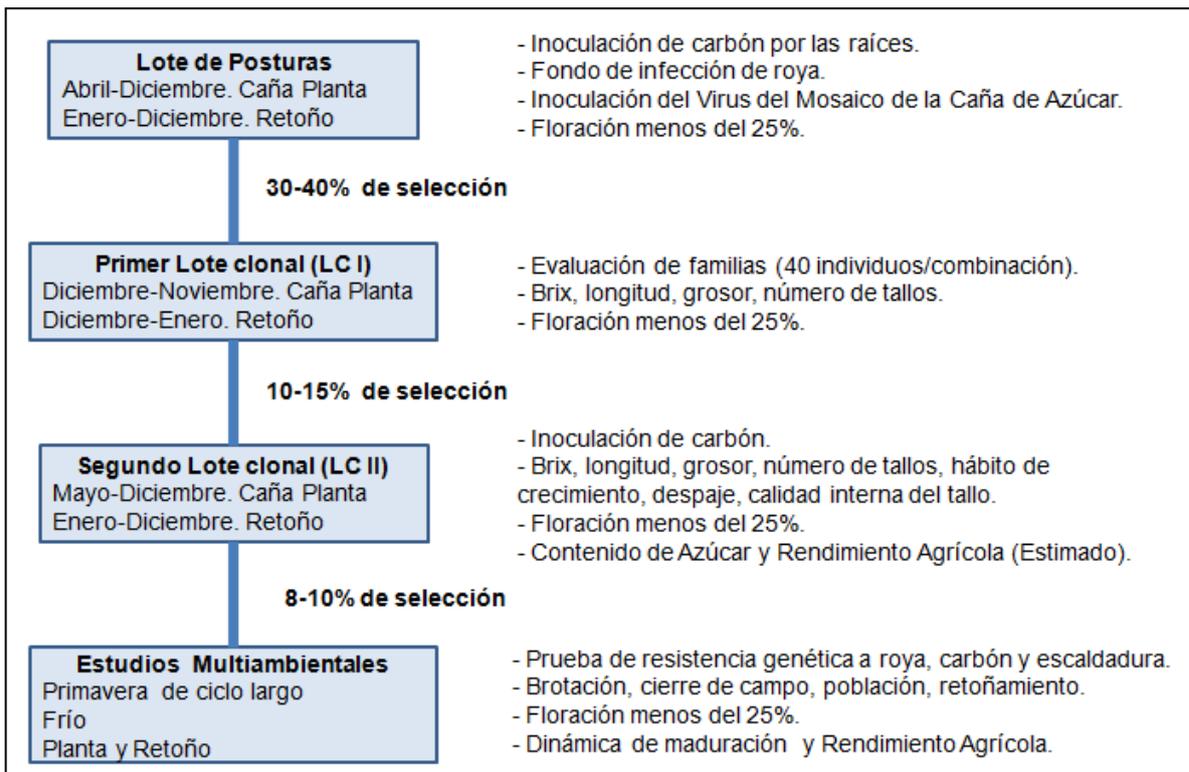


Figura 4.4. Esquema de selección de la caña de azúcar utilizado en Cuba para la obtención de nuevas variedades.

La principal premisa del esquema, es el máximo aprovechamiento de la interacción genotipo-ambiente, a través de una red experimental que se extiende por todo el país y logra una representatividad adecuada de las disímiles condiciones de explotación comercial de la caña de azúcar a nivel nacional (Figura 4.5).

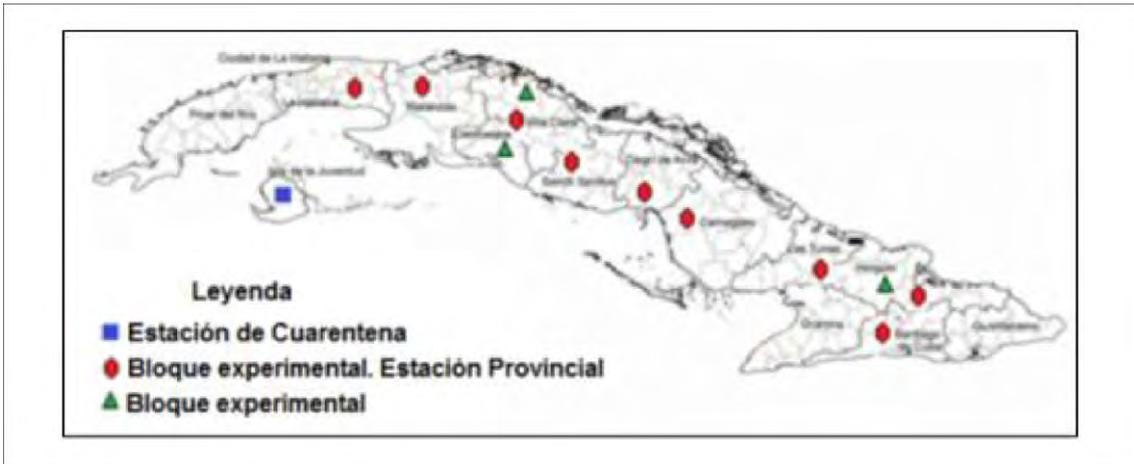


Figura 4.5. Red experimental del INICA para la selección de nuevos genotipos de caña de azúcar, la cual se distribuye por las diferentes zonas cañeras y abarca las principales variaciones edafoclimáticas que inciden en la producción comercial del cultivo en Cuba.

La etapa de postura y primer lote clonal se realiza en cinco estaciones principales de la red y a partir del segundo lote clonal el esquema se realiza íntegramente en cada una de las estaciones provinciales de la red experimental.

4.1.6 Lote de posturas

Previamente a la etapa, las posturas son fortalecidas en vivero, mediante la siembra individual en bandejas provistas de alveolos, que garantizan la formación de un cepellón con el sustrato y las raíces, que permite la supervivencia en el campo (Figura 4.6). En esa fase previa de vivero son inoculadas las posturas por las raíces con una suspensión (5×10^6 /ml de agua) de teliosporas del carbón de la caña. El lote de posturas queda establecido entre los meses de abril y junio, además de la resistencia al carbón, se discrimina también por la resistencia a roya parda, para ello se garantiza una alta carga de inóculos mediante la plantación de bordes y barreras con los genotipos B4362 y Ja60-5 altamente susceptibles a la enfermedad.



Figura 4.6. A. Posturas en vivero. B. Traslante individual de posturas a bandejas con alveolos, para su fortalecimiento antes de ser llevadas al campo.

Se utiliza generalmente 30x30 cm como marco de plantación en canteros de 1,20 m de ancho por 30 m de longitud. Entre los cinco y seis meses se realiza la cosecha de caña planta y se realiza una selección negativa de las posturas afectadas por roya y

carbón u otra enfermedad de la que aparezcan síntomas. La selección definitiva se realiza en retoño con 12 meses a inicios de zafra y para ello se agrega un nuevo criterio basado en la ocurrencia de la floración (más de 25% de tallos florecidos). El porcentaje de selección para esta etapa debe fluctuar entre 30-40% de la población inicial.

4.1.7 Primer lote clonal (LC I)

Esta etapa se establece como una modificación del esquema anterior, con el objetivo de dar respuesta a la selección de variedades de madurez temprana, a la vez que permite realizar las pruebas de resistencia a enfermedades y replicar las poblaciones más tempranamente. En esta etapa cada genotipo está representado por un plantón (dos trozos de 2-3 yemas) que se lleva al campo a una distancia de 0,80 m entre clones y 1,60 m entre surcos. Para facilitar las evaluaciones se conforman bloques de 30 a 40 surcos con 25 a 30 clones por surco. Cada 10 clones se plantan dos testigos intercalados; uno para el rendimiento azucarero (C1051-73 o C87-51) y otro para el rendimiento agrícola (C266-70, C86-12 u otra), además se incluyen los progenitores que dieron origen a la progenie que podrán plantarse al inicio o al final del surco (Figura 4.7).



Figura 4.7. Lote clonal (LC I) en pleno desarrollo vegetativo.

La plantación se efectúa entre septiembre-noviembre, con barreras protectoras (bordes) por el frente y el fondo y 2 surcos laterales. La evaluación y cosecha se realizará en caña planta y retoño con 12-13 meses de edad, en el primer período de zafra, con el objetivo de seleccionar clones de maduración temprana. Se aplicarán los criterios de selección que se relacionan en la Tabla 4.1 con una presión de selección moderada (10-15%).

Tabla 4.1. Criterios de selección utilizados para evaluar los individuos del LC-I.

Indicador	Criterios de selección
Brix refractométrico.	Hasta menos dos veces la desviación estándar del promedio del testigo azucarero.
Diámetro	Nunca inferior de 2,20 cm.
Longitud	Se utilizan como criterio del rendimiento agrícola y se combinan con el vigor o aspecto general del individuo, respecto al testigo para el rendimiento agrícola.
Número de tallos	
Volumen	
Floración	Menos de 25% de tallos florecidos.
Calidad de la yema	Se descartan clones de yemas abultadas y con presencia de hijos aéreos.

Comportamiento fitosanitario	Se descartan con síntomas de carbón, escaldadura o en grado susceptible a la roya parda.
Calidad interna del tallo	Se le aplica a los clones seleccionados para el resto de los caracteres y se descartan los clones con la presencia de corcho o meollo pronunciado.

4.1.8 Segundo lote clonal (LC II)

Los clones seleccionados en la etapa anterior, las variedades introducidas liberadas de la cuarentena abierta con interés comercial y los somaclones obtenidos por biotecnología en caso de disponerse, conforman el segundo lote clonal.

Esta etapa puede desarrollarse replicando los genotipos en espacio dentro de cada provincia en caso que dispongan de más de una localidad de prueba. El tamaño de la parcela es de 2 m lineales por cada clon, con la separación convencional (1,60 m) entre surcos. Entre clones la distancia será también de 2 metros.

Se conformarán bloques de 60-80 surcos con 10-15 clones cada uno. Los testigos serán intercalados cada 20 surcos y se utilizarán los mismos de la etapa anterior. De manera general los clones son llevados al campo con el inicio de la temporada lluviosa o de uno a dos meses antes si se dispone de riego. La plantación se realiza con inoculación de los esquejes con una suspensión de 5×10^6 teliosporas de carbón/ml de agua, para obtener un primer criterio de la tolerancia de los clones ante esa enfermedad. Los bloques se plantarán con sus respectivas barreras protectoras (Figura 4.8).



Figura 4.8. Lote clonal II. A. Parcelas de 2 m lineales. B. Parcela positiva a la inoculación de carbón.

Las evaluaciones y cosecha se realizarán en caña planta entre los meses de diciembre-enero del año siguiente con 9 a 10 meses de edad y el retoño en igual período con 12 a 16 meses. La selección definitiva se realiza con los resultados de retoño mediante el uso de los mismos criterios de selección de la etapa anterior más la agregación de los que aparecen en la Tabla 4.2, con presiones de selección que permitan obtener entre 8-10% de clones seleccionados.

Tabla 4.2. Criterios de selección empleados para evaluar los individuos del lote clonal II, adicionales a los que se utilizan en el lote clonal I.

Indicador	Criterios de selección
Contenido azucarero	Hasta menos dos veces la desviación estándar del promedio del pol % en caña, del testigo azucarero, obtenido de una muestra de tres tallos por clon.
Rendimiento agrícola	t caña ha ⁻¹ estimadas a partir del peso de la muestra para la calidad. Se seleccionan los clones que resulten similares al testigo.
Retofiamiento	Se seleccionarán los clones de retoñamiento excepcional (población en retoño mayor que en planta, con longitud del tallo y grosor similar en ambas cepas) y buena población (similar en planta y retoño y longitud y grosor del tallo algo inferior a la de la planta).
Tolerancia al carbón	Se descartan todos los clones que muestren plantones de constitución herbácea (síntoma de alta susceptibilidad) y aquellos que rebasen 5% de tallos enfermos.
Comportamiento fitosanitario	Se descartan con síntomas de escaldadura o en grado susceptible a la roya parda.
Habito de crecimiento	Se seleccionarán preferentemente los clones con crecimiento erecto o ligeramente abierto y solo los de crecimiento acamado si el rendimiento agrícola e industrial lo justifica.
Despaje	Se seleccionarán preferentemente los clones de autodespaje y buen despaje y excepcionalmente los de despaje regular si el rendimiento agrícola e industrial lo justifica.

4.1.9 Interfase de semilla

El objetivo de esta fase intermedia entre el segundo lote clonal y los estudios multiambientales, es la producción de semilla para el montaje de los estudios replicados con sus bancos para los ensayos de maduración y para las pruebas estatales de resistencia. Se plantan tres bancos de semilla:

Banco de semilla original: Es el primer paso de la cadena de producción de semilla y el material de propagación proviene del segundo lote clonal. Como mínimo debe establecerse dos surcos de 10 m por cada clon en el primer período de zafra, por tanto requiere tener una garantía de riego para lograr la brotación de los clones.

Banco de semilla para estudios multiambientales (Ciclo B): Del banco de semilla original a los 7-8 meses de edad (agosto a septiembre), se cosecha un surco por cada clon, que se utiliza para plantar un nuevo banco, de un surco de 100 m lineales o dos surcos de 50 m, que garantizarán la semilla entre mayo-junio del siguiente año, con 8-10 meses de edad, para la plantación del ensayo multi-ambiental en primavera de ciclo largo o primavera quedada.

Banco de semilla para estudios multiambientales (Ciclo C): El surco restante del banco de semilla original al arribar al mes de diciembre o enero (11-12 meses) se reproducirá (un surco de 100 m o dos surcos de 50 m) y se empleará en la plantación de los estudios multiambientales de frío.

En los tres bancos se mantendrá una estricta vigilancia fitosanitaria y los individuos afectados por algunas de las enfermedades de importancia serán desechados. Se mantendrán en estos bancos las atenciones culturales, riego y fertilización que posibiliten el desarrollo vigoroso de la semilla.

4.1.10 Estudios multiambientales

En cada provincia de la red experimental los ensayos multiambientales se replican en tiempo (tres momentos diferentes de plantación) y en espacio, en todos los bloques experimentales disponibles.

Primavera de ciclo corto (Ciclo A): Constituye el ciclo de plantación adaptado a la tecnología de producción de caña para los suelos de alta hidromorfía, que únicamente pueden ser plantados en el período seco.

Los experimentos pertenecientes a este ciclo se plantan entre los meses de enero a marzo y se cosecharán en caña planta y retoño con 12 a 14 meses de edad.

Primavera de ciclo largo (Ciclo B): Los experimentos se plantan en época de primavera (abril- junio) y se cosechan en caña planta con edades entre 18-20 meses en el primer período de zafra, con el objetivo de seleccionar cultivares de maduración temprana.

La cosecha de retoño se realiza entre marzo y abril con 13 a 15 meses. En una localidad por provincia, se le da seguimiento a este ensayo hasta la cosecha del cuarto retoño, para determinar la durabilidad de la cepa.

Frío (Ciclo C): Los experimentos se plantan en los meses de septiembre a noviembre y se cosecharán como caña planta en febrero o marzo con 16-17 meses de edad y como primer retoño en abril del próximo año con 13 a 14 meses de edad.

El montaje de estos experimentos se hará en diseños de bloques al azar con tres repeticiones como mínimo, con parcelas de 48 m² (4 surcos de 7,50 m de largo x 1,60 m entre surcos). Se emplearán barreras laterales (dos surcos) y de frente y fondo (2 m) para la protección de los ensayos. Cada experimento lleva un banco, donde se efectúan las corridas de madurez, para obtener la dinámica de maduración de los cultivares.

Además, en los meses de julio-agosto, se entregarán a los Centros de Prueba autorizados para la ejecución de las evaluaciones por territorio, 25 tallos por variedad para plantar bancos de semilla con la finalidad de montar las pruebas estatales de carbón, mosaico y escaldadura foliar. Los focos para infección de roya se plantarán paralelamente con los ciclos de frío de los estudios replicados.

En esta etapa se aplican criterios de selección más refinados (Tabla 4.3) que posibilitan seleccionar del 1-3% de los clones que arriban a esta etapa. La selección se realiza integrando los resultados de todos los ciclos, más los resultados de las pruebas de resistencia genética, con la ayuda del uso de parámetros de estabilidad y adaptabilidad.

Tabla 4.3. Criterios de selección utilizados para evaluar los individuos de los estudios multiambientales.

Indicador	Criterios de selección
Brotación	Más de 85% de brotación.
Cierre de campo	Se descartan los de cierre tardío (mayor de cinco meses).
Longitud del tallo	Se descartan clones achaparrados. Se utiliza en combinación con el diámetro y la población en el retoñamiento.
Diámetro del tallo	Superior a 2,2 cm. Se utiliza en combinación con la longitud y la población en el retoñamiento.
Población	Se utiliza en combinación con el diámetro y la longitud en el retoñamiento.
Floración	Menos de 25% de tallos florecidos.
Calidad interna del tallo	Sin predominio de corcho y meollo.
Contenido azucarero	Similar o superior al testigo.
Rendimiento agrícola	Similar o superior al testigo.

Fibra	Más de 11% de fibra.
Retoñamiento	Seleccionar con retoñamiento excepcional (población en retoño mayor que en planta, con longitud del tallo y grosor similar en ambas cepas) y buena (población similar en planta y retoño y longitud y grosor del tallo algo inferior a la de la planta).
Durabilidad de la cepa	Más de 75% de las cepas en cosechas sucesivas.
Resistencia a enfermedades	Resistentes a VMCA, roya, carbón y escaldadura y excepcionalmente de resistencia intermedia cuando su comportamiento agroindustrial lo sugiera, para el cultivo en zonas de baja intensidad de la enfermedad.

Los genotipos seleccionados en esta etapa pasarán a formar parte de la colección de germoplasma, así como serán recomendados para su extensión y validación comercial, que se realizan de manera participativa productores e investigadores, bajo la conducción del Servicio de Variedades y Semilla (SERVAS).

4.1.11 Interfase pruebas de resistencia

Son las actividades que se desarrollan de manera paralela a la etapa final de estudios replicados, para determinar los niveles de resistencia genética a las principales enfermedades del cultivo, denominándose también Pruebas Estatales de Resistencia Genética.

Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (VMCA): La prueba se realiza bajo condiciones de vivero, para ello se utilizan bolsas o macetas (20-30) por cada genotipo, con la finalidad de garantizar 20 tallos primarios de cada uno. Se considera la prueba válida si el testigo resistente B42231 no alcanza un nivel de infección equivalente al testigo intermedio y cuando C236-51, testigo susceptible muestre un nivel de infección superior al testigo intermedio.

Se seleccionarán todos los individuos sin síntomas. Las variedades con síntomas que sean seleccionadas por el resto de los caracteres evaluativos, se someten entonces a un foco de infección paralelo a los Estudios de Extensión.

El foco de infección se planta en primavera y debe garantizarse una población no menor de 50 plántones, surcos que se alternan con los de B34104 infectados con VMCA y cada cuatro surcos de los genotipos en estudio se planta uno como testigo y fuente de inóculo de la variedad susceptible a VMCA C236-51. Se debe corroborar que en el área de la prueba y en sus parcelas colindantes existan los insectos vectores del virus.

Los chequeos se realizarán a partir de los quince días de la brotación de las plantas en las cepas de caña planta y retoño y se observará si algunos de los genotipos en prueba o variedades controles, presentan brotes enfermos. Éstos no serán considerados como efecto de la infección, sino como resultado de la semilla accidentalmente enferma. Los chequeos en el foco de infección resultan efectivos hasta los 6 a 8 meses.

El criterio de selección será descartar todo material infectado. Se realizarán chequeos quincenales de las plantas, descartándose aquellas que presenten síntomas de VMCA.

Carbón: Se planta un ensayo con diseño de Bloques al Azar con tres réplicas en la segunda quincena del mes de abril o la primera de mayo, con inoculación artificial de la misma manera que en el segundo lote clonal.

Se evalúa durante las cepas de caña planta y primer retoño, el porcentaje de tallos con infección apical y porcentaje de plántones herbáceos, mediante la escala de

Hutchinson (0 a 9), ajustada al carbón de la caña. Según sea el porcentaje de infección, se determina el grado de la enfermedad, así como la reacción de los genotipos ante la misma.

Roya parda: El estudio se establece en los meses de septiembre a octubre, etapa de mayor susceptibilidad de la planta y condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la enfermedad. El fondo de infección consiste en alternar cada dos surcos el cultivar altamente susceptible B4362, para que sirva de fuente de inóculo para la infección de los genotipos que se están probando, bordeándose el experimento también con ese genotipo.

Se plantan junto al estudio patrones de resistencia (variedades altamente susceptibles (AS), susceptibles (S), moderadamente resistentes (MR), resistentes (R) y altamente resistentes (AR). En todas las etapas sólo se evalúa en caña planta y de acuerdo a una escala que combina el tipo de síntoma y el área afectada se obtiene la resistencia de las variedades.

Escaldadura foliar: La prueba de resistencia dado que la enfermedad se encuentra bajo normas de cuarentena interna, sólo se puede efectuar en áreas específicas aprobadas para ese propósito. Los ensayos se montan en los meses de abril a mayo, se utilizan 20 plantas por cada variedad y se emplea como testigo susceptible L55-5 y como resistente una variedad que no haya sido afectada por la enfermedad en la localidad.

Las evaluaciones se efectúan mensualmente, desde la plantación y hasta los 9 meses de edad de caña planta y retoño, registrando en las evaluaciones el número de plantas en cada grado de la escala de Koike (1 a 5 grados). Se seleccionan todas las variedades con los grados 1 y 2 (muy resistentes y resistente), así como las variedades de reacción grado 3 (Intermedia), para ser cultivadas en las áreas de baja incidencia de escaldadura foliar y en porcentajes que no rebasen el 10% del área total de la UEB o Unidad de Producción. Se descartan las variedades de reacción grado 4 y 5 (susceptible y muy susceptible respectivamente).

4.2 RECOMENDACIÓN DE VARIEDADES

Las variedades son el producto final de un largo proceso de selección. En los últimos años ha sido un tema polémico, entre genetistas y botánicos, si es correcto el uso de dicho término variedad para catalogar a los nuevos genotipos obtenidos. La definición más concreta al respecto fue dada por P. Font Quer quien sentenció: –Se considera variedad; al grupo de individuos que dentro de la misma especie, difieren de modo permanente, en uno o más caracteres del tipo de la especie”. De acuerdo con el autor; son aquellos individuos que siendo de la misma especie, difieren en un grupo de características como tamaño, color, grosor, contenido azucarero, entre otras.

El vocablo variedad; es un concepto clásico o convencional utilizado comúnmente, para referir o identificar un individuo. Científicamente tiene la siguiente acepción: Planta modificada a partir de alteraciones accidentales del ambiente. Taxonómicamente se encuentra entre la especie y el cultivar (Sigla VAR).

Cultivar: Es el término más afín que desde el punto de vista científico se corresponde con el concepto de variedad utilizado actualmente, y que se define de la siguiente forma: Plantas cultivadas comercialmente, modificadas por el hombre a través del mejoramiento genético. Sigla CV. Neologismo de lengua inglesa Cultivated-Variety.

Es importante señalar que los cultivares comerciales de caña de azúcar, son el resultado de cruzamientos y selecciones entre las distintas especies del género *Saccharum*, dentro de las cuales se encuentran: *Saccharum officinarum*, *Saccharum robustum*, *Saccharum spontaneum*, *Saccharum sinense* y *Saccharum barberi*.

Es de destacar que todavía no se ha llegado a un consenso al respecto y ambos términos se utilizan indistintamente, pero de manera práctica aunque cultivar sea el

más correcto, el más utilizado por productores cañeros es el de variedad. En este texto como su destino principal son los productores cañeros, en ocasiones se utilizará el término variedad, cuando realmente se está haciendo referencia a cultivares, que es lo correcto. Las variedades de caña de azúcar tienen un ciclo de vida, que comprende dos períodos bien definidos. Un primer período de investigación-desarrollo (I+D), que abarca las etapas de investigación y validación comercial y un período de comercialización.

En el período de I+D se realizan las recomendaciones de nuevas variedades, específicamente en el momento que culminan los estudios multiambientales en condiciones experimentales y comienza la etapa de estudios extensivos, en las mismas las condiciones de la producción comercial.

La recomendación de una variedad es la acción que autoriza la propagación y estudio del cultivar para su inclusión en pruebas de extensión y validación comercial, como reconocimiento a un resultado de investigación.

La propuesta se elabora acorde a los resultados obtenidos durante las diferentes etapas del proceso de investigación, principalmente el de las cosechas de caña planta y retoño de los estudios replicados en diferentes ambientes y los de las pruebas estatales de resistencia a las enfermedades principales del cultivo. La Ficha Técnica de la variedad, constituye la guía para su identificación y para la práctica del manejo más adecuado, como respuesta a las demandas de la producción. En ella se reflejan los aspectos siguientes:

- Denominación.
- Progenitores.
- Centro o institución que la recomienda.
- País de origen.
- Centro de mejoramiento donde se obtuvo.
- Características agrobotánicas.
- Características de calidad.
- Comportamiento productivo.
- Resistencia a plagas y enfermedades.
- Tipo de suelo para los que se recomienda.
- Época de plantación y cosecha.
- Régimen pluviométrico que requiere para su desarrollo, así como comportamiento ante la sequía y salinidad.
- Disponibilidad de semilla.
- Evaluación económica de los resultados.
- Consideraciones generales.

4.2.1 Las variedades como tecnología del cultivo de la caña de azúcar

En Cuba el empleo de variedades de caña ha evolucionado consecuentemente con el desarrollo de la agroindustria y los resultados de las investigaciones. Se ha transitado del cultivo monovarietal de unas pocas variedades como Criolla, Cristalina, POJ2878, B4362 y Ja60-5 (Tabla 4.4), al uso simultáneo de grupos de variedades con una menor representatividad.

Actualmente ha disminuido en todo el mundo, la duración del período de explotación de las variedades líderes, fundamentalmente por la aparición de nuevas enfermedades, causa de la destrucción de cultivares muy productivos.

Tabla 4.4. Evolución de las variedades de caña de azúcar líderes en Cuba, desde el año 1511 hasta la actualidad y causas de su eliminación.

Variedad	Período de propagación	Área en explotación nacional (%)	Causas de eliminación
Criolla	1511-1820	40-100	Susceptible al VMCA
Blanca	1780-1835	60-80	Susceptible al VMCA
Cristalina	1830-1944	35-90	Susceptible al VMCA
POJ2878	1945-1969	50-67	Declinación del rendimiento
B4362	1970-1978	35-45	Susceptibilidad a la roya parda
Ja60-5	1979-1999	40-63	Susceptibilidad a la roya parda y el carbón
C87-51, C1051-73, CP52-43, C323-68, C86-12, C86-503, C90-469	2000-actualidad	45-53	Sin causas hasta el presente

En Cuba, hoy con al menos una unidad porcentual del área cultivada, se explotan 24 variedades, de las cuales solo tres son foráneas, lo que representa un mayor acercamiento entre los ambientes de selección y de destino. Para ordenar el uso de la tecnología "varietal" hay que tener presente un grupo de factores y manejarlos de manera armonizada para obtener resultados satisfactorios y con ellos poder alargar el período de explotación comercial de las variedades y acercar cada vez más los rendimientos potenciales a los rendimientos reales obtenidos.

4.2.2 Factores a considerar para un manejo adecuado de variedades

Tipo de suelo: Se plantea que la cosecha, labor final de la tecnología de producción de caña, comienza a ordenarse desde la propia plantación. Por esa razón los suelos de mayor potencial y aptitud física, deben reservarse o destinarse para las variedades de mayor potencial azucarero, son los suelos por donde comienzan y terminan las labores de cosecha.

Para lograr la compatibilidad óptima variedad-suelo para estos casos, es necesario que las variedades, además del alto potencial azucarero, exhiban la mejor habilidad de maduración para el primer período de zafra (noviembre-enero), que es lo que se conoce como maduración temprana.

Los suelos de mal drenaje deben cubrirse con variedades que además de tolerar ese tipo de estrés, posean una maduración sostenida durante todo el período de cosecha, pues la fecha de cosecha en este tipo de suelo, la determina el nivel de humedad, por lo que la cosecha puede ser en cualquier período de la zafra cuando las condiciones de humedad lo permitan.

No es aconsejable tampoco para suelos de mal drenaje, el empleo de variedades de floración profusa, que puedan causar deterioro de la materia prima por el aplazamiento de la cosecha en espera de las condiciones óptimas de humedad. También resulta incorrecto ubicar variedades de maduración tardía en esos suelos, pues la etapa final de zafra puede comprometerse con el comienzo de la temporada lluviosa. Si el excesivo drenaje es el factor limitante predominante, entonces las variedades más propensas a cultivar serán aquellas que además de tolerar ese tipo de estrés, no alcancen la maduración adecuada en el último período de zafra (marzo-abril), que podría significar un deterioro de sus tallos.

Época de cosecha: La época de cosecha está condicionada por la época de plantación y ésta a la vez por el potencial del suelo. En Cuba el período de zafra abarca 150 días desde noviembre hasta abril y el rendimiento industrial sigue un modelo cuadrático con un pico máximo en el mes de marzo, influenciado por la dinámica de maduración de las diferentes variedades, por ello el trabajo de mejora genética se orienta hacia la obtención de variedades para todas las épocas de cosecha.

La cosecha temprana (noviembre-enero) es la que se puede realizar cuando la plantación se hace entre mayo y junio y se le practica un ciclo largo de 18-20 meses. Esta época de plantación se conoce como primavera y el ciclo de cosecha, como primavera de ciclo largo. Las variedades aptas para este ciclo son las de maduración temprana y las que soporten edades de 18-20 meses con un deterioro insignificante.

También se puede realizar la cosecha temprana en los suelos de alta hidromorfía pero en ciclos cortos de 12-14 meses, y de manera similar se requerirá disponer de variedades de maduración temprana.

La cosecha en el período intermedio de zafra (febrero-marzo), es la menos compleja, pues casi todas las variedades alcanzan su óptima maduración en dicha fecha. Buscando un mayor rendimiento agrícola en esa etapa de zafra, se utiliza el ciclo de plantación que incluye los meses desde julio a octubre, se conoce comúnmente como frío y se extiende la edad de cosecha hasta los 16-18 meses.

Para el último período de zafra (finales de marzo-abril) se cosechan el mayor porcentaje de las cepas de retoño, donde las edades pueden oscilar entre 13-15 meses y donde la duración y el rendimiento industrial no tienen tantas limitaciones.

Estado fitosanitario: El estado fitosanitario (fuentes de inóculo, niveles de intensidad y propagación de las plagas) de la región, determina el tipo de variedades a utilizar y los niveles permisibles de cada una. Debe evitarse cultivar variedades susceptibles o de reacción intermedia (medianamente resistente) ante determinada enfermedad, en zonas donde se desarrollaron o se cultiven otras, con altos índices de infestación, para esto se debe establecer una barrera de protección natural, mediante el establecimiento de un equilibrio entre las áreas ocupadas por variedades susceptibles y resistentes, lo que contribuye al mantenimiento de la resistencia horizontal.

Balance de variedades. Composición varietal: Ha sido práctica común en los últimos años, el trabajo con grupos de variedades, en vez del monocultivo varietal, por la seguridad fitosanitaria que ello ofrece. Ninguna variedad por alto que sea su potencial productivo, debe sobrepasar el 20% del área comercial de determinada región, ya que porcentajes superiores imposibilitan reponerla en un período de tiempo prudencial con las menores afectaciones económicas.

Por otra parte el límite máximo a explotar de variedades de profusa floración, dependerá de las capacidades disponibles, para que las mismas sean cosechadas antes de que se produzca el deterioro de las plantaciones. Estos porcentajes para el caso de Cuba están alrededor del 15%.

Teniendo en cuenta lo anterior, una composición de variedades balanceada es aquella que combine dentro de los límites de explotación anteriores, variedades de maduración para todos los períodos de zafra, que combine también variedades de diferentes niveles de resistencia a las principales plagas, que permita aprovechar la resistencia horizontal y no permita la aparición de nuevos patotipos o razas.

Para lograr una composición de variedades adecuada, en Cuba se ha puesto en práctica en los últimos años lo que se denomina "Familias de variedades".

Familias de variedades: Bajo ese concepto se agrupan variedades semejantes respecto a su época de plantación, maduración y cosecha, lo que permite manejarlas como si fueran una sola. De ese modo se evita el alto riesgo fitosanitario del cultivo monovarietal.

4.3 PRODUCCIÓN DE SEMILLA

La adopción de estrategias para la producción de semilla resulta de vital importancia y ha devenido en práctica común en los principales países cañeros, pues contribuyen a preservar la variabilidad genética de los nuevos recursos fitogenéticos aportados por la mejora, así como propician la expresión de sus máximos potenciales genéticos, a través de la alta pureza genética, vigor y sanidad; facilitando a la vez su rápido aprovechamiento y la prolongación de su período de explotación. Dentro de las principales causas que han obligado a los productores a disponer de semilla categorizada y a los investigadores a desarrollar sistemas cada vez más eficientes de multiplicación masiva de los cultivares, se encuentra la aparición de nuevas y peligrosas enfermedades.

Si en 1946 estaban reportadas en Cuba 23 patologías, continuamente la cifra se ha ido incrementando y en la actualidad se informan incidiendo sobre el cultivo un total de 59 enfermedades, lo que sugiere estar preparados ante posibles rupturas de la resistencia de los genotipos o para un aumento de la virulencia de los patógenos.

El uso de semilla categorizada y certificada, junto a la utilización de variedades resistentes constituyen los más importantes y casi exclusivos elementos para tener plantaciones saludables. No obstante los gastos que entraña la producción de semilla, los beneficios esperados pueden superar con creces la inversión, puesto que la concentración de los esfuerzos para el control fitosanitario en la semilla es siempre preferible y más económico, que correr el riesgo de diseminar a escala comercial, una patología transmisible a través de la propagación vegetativa.

4.3.1 Programa cubano de producción de semilla

El Programa Cubano de Producción de Semilla está concebido con el objetivo de garantizar que todas las plantaciones se realicen con semilla categorizada y sea certificada su calidad, lo cual contribuye a la obtención de los rendimientos potenciales de los cultivares, mediante el uso de semilla sana y genéticamente pura. El programa cuenta con cuatro categorías (Original, Básica, Registrada y Certificada) bajo la premisa, de que la semilla recibe una categoría, cuando reúne los indicadores de calidad establecidos para cada caso, como resultado de un proceso riguroso de selección y atenciones culturales durante todo su desarrollo.

Semilla Original: Es el resultado concreto del proceso de mejoramiento genético, éste material de propagación debe tener la capacidad de reproducir la identidad del cultivar obtenido. Esta categoría se produce, en el centro de investigación de procedencia, bajo el control directo de los fitomejoradores. Paralelo a esta etapa se dan los pasos correspondientes para obtener la propiedad intelectual de los cultivares y su registro oficial. Forman parte también de la semilla original, los Bancos de Donantes de donde se extrae el material inicial para la micropropagación por vía biotecnológica.

Banco de Donante: Es el área destinada a conservar la semilla de fundación a partir de la cual se extraen los meristemos para la micropropagación por vía bio-tecnológica, por tanto debe mantener el más alto grado de vigor y pureza de la semilla. Su ciclo concluye con la extracción de los meristemos en edades entre 3 y 5 meses, por lo que durante el año se replantean en más de una ocasión en correspondencia con la demanda de semilla por esta vía.

Semilla Básica: Proviene de la Semilla Original o vitroplantas, que será producida y atendida por personal especializado perteneciente al INICA, en toda su red de estaciones y responderán a la demanda de semilla de cada una de las empresas azucareras, por lo que las variedades a plantar serán aquellas que den respuesta al cumplimiento de su proyecto, así como algunas variedades extrapoladas de otros territorios que requieran ser validadas.

El área dedicada a este propósito tendrá carácter fijo y contará con: Badén en la entrada para la desinfección de equipos y personas, cerca perimetral con un acceso

único, planta de tratamiento hidrotérmico con control de temperatura automático, tanque de remojado previo con circulación constante y tanque de tratamiento químico. Es requisito indispensable para esta categoría, disponer de riego permanente que satisfaga los requerimientos de agua de las plantaciones en todo el ciclo.

Semilla Registrada: Se origina de la Semilla Básica aunque también puede provenir de vitroplantas. Se produce en áreas especializadas denominados Bancos de Semilla Registrada (BSR), que responden a las demandas de un grupo de unidades productoras de la Unidad Empresarial de Base (UEB) con las mismas condiciones descriptas para la producción de semilla básica.

En dependencia del volumen de producción necesario, la categoría se segmentará en dos sub-categorías: Semilla Registrada I (R-I) y Semilla Registrada II (R-II), con áreas bien diferenciadas dentro del banco. Las variedades a plantar serán las que se correspondan con el cumplimiento del proyecto de variedades de las unidades de producción al que tributa el banco, así como de otras que sea de interés validar su comportamiento.

Semilla Certificada: Su obtención proviene de la Semilla Registrada, casi siempre de la subdivisión RII. Tiene como peculiaridad que generalmente no se produce en áreas fijas, sino rotativas con determinadas condiciones especiales y lo más cerca posible de las plantaciones comerciales. En los últimos años como muestra del perfeccionamiento de esta categoría, se han dedicado Bloques o Fincas para la producción de Semilla Certificada, las que se seleccionan sobre la base de poseer suelos fértiles, profundos y frescos, bajo sistemas de regadío, de buen drenaje interno y superficial. En todas las categorías se dispone utilizar solamente semilla de caña planta y excepcionalmente se autoriza el uso de primer retoño o soca.

4.3.2 Uso de la biotecnología

La introducción de la biotecnología dentro del programa de mejora genética, ha revolucionado la multiplicación acelerada de los genotipos obtenidos por vías convencionales. Su uso ha sido importante también en el diagnóstico fitopatológico así como en la identificación de marcadores moleculares asociados con la tolerancia a determinados tipos de estreses bióticos y abióticos. La multiplicación de plantas es, sin dudas la tecnología más utilizada, dentro de las aplicaciones del cultivo in vitro. Su premisa consiste en que las plantas resultantes del proceso de micropropagación sean fenotípica y genotípicamente similares a la planta donante (Figura 4.9).



Figura 4.9. Uso de la Biotecnología en la producción de semilla en la Biofábrica de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar en Villa Clara
A. Cámara estéril donde se desarrollan las vitroplantas en medio de cultivo. B. Posturas desarrolladas listas para ser trasplantadas en bandejas con alveolos. C. Fase de adaptación previa a su traslado a los Bancos de Semilla Registrados.
Ventajas a escala productiva

- Mayor optimización biológica por los altos coeficientes de multiplicación que se obtienen.
- Reducción del número de frascos y estantes en las cámaras de cultivo y por tanto mayor producción por metro cuadrado de cámara.
- Mejor comportamiento de las vitroplantas en fase de adaptación por mayor metabolismo autotrófico.

El método de micropropagación cobra especial importancia en la caña de azúcar, debido a los problemas sanitarios que se presentan durante la producción de semilla por los métodos tradicionales y por los bajos coeficientes de multiplicación de la especie, que impiden una rápida propagación de plantas libres de enfermedades.

El éxito del cultivo de tejidos en plantas y la aplicación de los métodos *in vitro* se debe fundamentalmente a un mejor conocimiento de los requerimientos nutricionales en el cultivo de células y tejidos. Dentro de las técnicas de micropropagación la inmersión temporal, es una tecnología que permite incrementos significativos del coeficiente de multiplicación y la automatización de dicho proceso

Investigaciones recientes coinciden en la posibilidad de la utilización de los sistemas de inmersión temporal (SIT) para la micropropagación de la caña de azúcar, porque disminuyen los costos de producción por mano de obra, ahorran energía, incrementan la eficiencia productiva del proceso de micropropagación y al requerir menor espacio, propicia un aumento de las capacidades productivas de las Biofábricas.

4.4 USO DIVERSIFICADO DE LAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR

Para las nuevas condiciones que imponen el mercado internacional azucarero y los precios, no es suficiente ser eficiente y tener costos bajos, será necesario intensificar la diversificación tanto agrícola como industrial, de manera que se introduzcan las producciones de distintos tipos de azúcares, derivados, energía y de cultivos en rotación. Se trata de lograr una transformación de la agroindustria azucarera, acorde a los nuevos tiempos, de mono-productora de materias primas de bajo valor agregado a un sistema empresarial multiproductor de azúcar, productos agropecuarios e industriales, altamente revalorizados con una diversidad y presentación acorde a la demanda del mercado.

La diversificación agrícola se concibe sobre la base, de disponer de variedades de caña adecuadas a los diferentes usos, como pudiera ser la caña energética, cuando sea conveniente disponer de bagazo o aquellas de mayor digestibilidad cuando se produzca para alimento animal (Boletín, 2001; Jorge *et al.*, 2003). La diversificación supone entonces de una utilización más intensa de los suelos cañeros y de las áreas que no están siendo explotadas.

CAPÍTULO 5

ENFERMEDADES E INSECTOS PLAGAS QUE AFECTAN A LA CAÑA DE AZÚCAR

Eida Luisa Rodríguez Lema

Isabel Alfonso Terry

Antonio China Martínez

Mérida Loreto Rodríguez Regal

María Elena Estrada Martínez

Alberto Fuentes Azcuy

Osmany de la Caridad Aday Díaz

Las afectaciones causadas por enfermedades e insectos plagas se encuentran entre los factores principales que afectan la producción azucarera, debido a que tienen una contribución considerable, en las pérdidas agrícolas e industriales que se registran durante el proceso productivo.

Numerosas especies de insectos plagas y microorganismos fitopatógenos como virus, fitoplasmas, bacterias y hongos, causan severas afectaciones a la caña de azúcar, en presencia de condiciones ambientales favorables para su diseminación y cuando se emplean cultivares susceptibles.

En el caso de Cuba, **el raquitismo de los retoños, roya parda, carbón, escaldadura foliar, virus de la hoja amarilla y fitoplasma de la hoja amarilla**, son las enfermedades principales, según su importancia económica, distribución territorial, gama de cultivares que infectan y el costo de las medidas de control. *El mosaico, roya naranja, pudrición roja del tallo, pudriciones radicales y nematodos fitopatógenos*, pueden considerarse de importancia potencial, mientras que las restantes, se catalogan como enfermedades menores, entre unas 59 patologías que componen el inventario actual (China *et al.*, 2011).

Otra de las causas de importantes pérdidas en el cultivo es el ataque de numerosas especies plagas y dentro de ellas, sobresalen los daños por insectos y roedores, exacerbados en el caso de la caña de azúcar, por sus características de monocultivo extensivo permanente.

A escala mundial, se han informado alrededor de 1 300 especies de insectos que cohabitan en el cultivo, desglosados en 462 coleópteros, 265 lepidópteros, 333 hemípteros y 108 ortópteros, entre otra diversidad de órdenes (ISSCT, 2010).

En América, se informan unas 140 especies de insectos que se alimentan de la caña de azúcar y constituyen plagas de importancia económica, alrededor de 21 especies de barrenadores del tallo, mayormente del género *Diatraea*, 33 plagas de las hojas, de ellas 19 pertenecen a los salivazos, 6 a desfoliadores y el resto son áfidos, saltahojas y coleópteros así como alrededor de 16 especies que atacan el sistema radical, donde sobresalen los coleópteros y hemípteros, fundamentalmente.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) constituye la estrategia básica para el control en la agricultura cañera, donde se presupone al agroecosistema como un todo, manejando los distintos factores bióticos y abióticos sin afectar el medio ambiente y siempre respetando las interacciones entre las especies, para mantener el equilibrio biológico.

Para lograr un manejo adecuado es necesario conocer los componentes bióticos y abióticos y sus interrelaciones; es por ello que se consideran subunidades del propio sistema, donde es imposible ver la plaga de insectos o la enfermedad, sin tenerla

como parte integral del agroecosistema en que se encuentra, interconectada íntimamente a los otros elementos presentes.

Dentro de los de mayor conexión se ubica la posible plaga o enfermedad que puede afectar los rendimientos y los controles naturales existentes en el área, que es necesario proteger e incrementar.

El cultivo es el aspecto principal en el MIP, ya que se necesitan altas producciones con calidad y a bajo costo, donde las plagas carecen de importancia económica si no causan daños de consideración, por lo que la relación dinámica entre la planta hospedante y la especie plaga resulta esencial para la aplicación del MIP.

Los datos edafoclimáticos son de gran importancia, ya que el desarrollo de las plagas está sustentado en las variaciones de las condiciones de ésta, dígame: suelo, humedad del suelo, lluvia, temperatura, humedad relativa del ambiente, luz, velocidad del viento, entre otros. La señalización de plagas y sus controles es un elemento vital, ya que aporta el momento oportuno para la aplicación del MIP a menor costo.

La dinámica poblacional permite la comprensión de los cambios que sufren las poblaciones biológicas en cuanto a tamaño, dimensiones físicas de sus miembros, estructura de edad, sexo y otros parámetros que las definen, así como los factores que causan esos cambios, los mecanismos que los producen y el pronóstico de las plagas. Agrupa los conocimientos sobre señalización y dinámica poblacional, para predecir lo que es probable que ocurra en el futuro, basándose en análisis y consideraciones que se tienen en cuenta para la toma de decisiones, lo cual significa hacer uso del razonamiento y pensamiento, para elegir una solución a un problema que se presente.

Por lo general, los métodos de control más utilizados dentro del MIP son:

Mecánico: Destrucción a mano, uso de trampas, exclusión mecánica de partes o plantas afectadas.

Físico: Consiste en el manejo del agua, temperatura del agua o del aire, radiaciones, uso de ondas ultrasónicas y esterilización del macho fértil.

Químico: Mediante el uso de pesticidas, atrayentes y repelentes.

Agronómico: Se logra variando la época de plantación y cosecha, rotación de cultivos, destrucción de residuos de cosecha, labores de cultivo en general, labores de preparación de suelo, barreras de contención, plantas trampas y destrucción de plantas hospedantes.

Genético: Utilización de cultivares resistentes y tolerantes, plantas u organismos modificados genéticamente.

Biológico: Uso de entomófagos, entomopatógenos y organismos antagonistas.

Legal: Reglamentos, regulaciones y leyes de cuarentena interna y externa.

Con la integración de los diferentes métodos de control y considerando como protagónico el agroecosistema, se logra un adecuado manejo integrado de plagas (MIP).

Las enfermedades de la caña de azúcar pueden dañar:

Sistema radical: Disminuye la capacidad de absorción de agua y sustancias nutrientes disueltas en la solución del suelo, afecta el anclaje de las plantas.

Hojas: Limita la capacidad fotosintética de las plantas y como resultado de esta limitación, disminuye la cantidad de azúcares sintetizados.

Tallos: Afecta el transporte de los azúcares desde las hojas a los tejidos de almacenaje y causa la degradación de los que fueron almacenados con anterioridad.

Flores: Imposibilita el proceso de hibridación, que se lleva a cabo para obtener híbridos de caña de azúcar mediante los cruzamientos genéticos entre variedades.