

FISIOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZUCAR. II. La Floración.

Ing. Jesús Torres Paz, Prof. Auxiliar, Dpto. de Agricultura, Facultad de Agronomía, UMCC

Ing. José Acosta Granados, Prof. Auxiliar, Dpto. de Agricultura, Fac. de Agronomía, UMCC

Introducción

Bajo condiciones adecuadas, virtualmente todas las variedades de caña producen flores, algunas variedades florecen profusamente y otras de mala gana. En cambio, hay variedades profusas que son cultivadas en regiones donde no tienen inclinación para florecer de ningún modo.

Para los genetistas una abundante floración es deseable, en cambio para el cosechero esto presenta pérdidas notables en producción, ya que constituye un riesgo contra el potencial en toneladas y calidad de la cosecha, cambiando un número de canutos potenciales y el azúcar que en ellos hubiesen contenido por un tallo floral relativamente inútil (en muchas regiones las plantas inician el primordio floral cuando aún no han presentado su completo potencial en tonelajes). Pero en definitiva el proceso de floración constituyó, sin dudas, un medio efectivo de superar deficiencias de la caña de azúcar a través de la reconstitución del material genético.

Los esfuerzos encaminados al control de la floración han reportado logros de porcentajes de floración y un agüinamiento más uniforme, lo cual ha sido posible en gran medida por la regulación de la temperatura y el fotoperíodo, siendo este último el que emerge como el más importante y no pudiendo ser controlado en escala apreciable en un campo de caña. En 1961 Salisbury intento resumir el proceso de la floración en unas pocas generalizaciones de acuerdo al comportamiento con el fotoperíodo, que fueron:

- 1) En un ciclo de 24 horas de luz y oscuridad, las plantas de días cortos florecerán si la longitud del día es menor que cierta cantidad crítica.
- 2) Las plantas de días largos florecen en respuesta a las longitudes del día que exceden a un cierto valor mínimo.
- 3) La floración en las plantas de días cortos es inhibida cuando el período oscuro es interrumpido por la luz, lo cual no ocurre en las plantas de días largos.

4) Dentro de una especie dada pueden ocurrir diversas respuestas a la floración a causa de la intervención de otro factor. Así una planta puede ser neutral a una temperatura y sensitiva a otra. Algunas plantas responden más a la calidad de la luz, otras requieren una combinación de longitudes de los días dispuestos en un orden particular.

Etapas de la Floración.

Paliatseas y Chilton señalan la floración como una secuencia de procesos fisiológicos sobre cuyas diversas etapas los factores ambientales tienen efectos diferentes, reconociendo cuatro etapas de este proceso:

- a) Iniciación del primordio
- b) Organización floral
- c) Maduración floral
- d) Aparición del güin.

La iniciación floral generalmente es considerada como la etapa más importante. En Louisiana Chilton y Paliatseas, y Paliatseas y col. desarrollaron una técnica para incrementar la producción de semilla basada en la protección de las tres etapas finales de la floración, los tallos que han iniciado el primordio son llevados dentro de un invernadero donde continua la maduración del güin, obteniendo de este modo una mayor cantidad de polen que de otro modo. Este método aparta tres de las cuatro etapas del control inmediato de la naturaleza, en tanto que el paso inicial permanece bajo control natural. La emergencia de la flor es auxiliada posteriormente por la eliminación física de la punta de la vaina restringida o por rajadura de la vaina.

Diversos autores han enunciado que las variedades de floración temprana y tardía inician el primordio en esencia en el mismo tiempo y que el tiempo de la emisión del güin muestra poca o ninguna relación con el tiempo de la iniciación floral, por lo que la variedad, junto con una multitud de factores ambientales y culturales determinan la fecha de emisión del güin.

Medidas de las etapas de la Floración.

Dado que las primeras etapas de la floración no dan evidencias externas de su acaecimiento, los investigadores han tenido que confiar en las primeras señas visibles como evidencia de que la floración esta en camino. Sin embargo se han diseñado sistemas para medir el tiempo exacto del cambio del meristemo de una estructura vegetativa a una reproductiva, de los cuales señalaremos dos métodos: el método del índice foliar y el método de la etapa.

El método del índice foliar, aplicado por Clements y Awada a la caña, esta basado en el hecho de que la hoja de la caña de azúcar tarda alrededor de una semana para formarse y que una vez que la segunda etapa de la floración ha ocurrido no pueden producirse nuevas hojas. Este método es bastante preciso en la práctica pero su resultado no es conocido hasta que el güin ha emergido.

Para su aplicación es marcada la hoja +3 (nomenclatura de Küijper) al principio del fotoperíodo inductivo, calculando así el número de hojas producidas luego de empezar el tratamiento mediante el conteo del número total de hojas desde la marcada +3 hasta la hoja bandera. De esta forma pueden ser estimado los datos correspondientes a cada etapa en el proceso de floración.

El método de la etapa, adaptado por Chu y Serapion (1980) a la caña, esta basado en el examen microscópico del meristemo apical. Por esta técnica los autores distinguieron cuatro etapas del proceso: la etapa inicial o “cero” es iniciada primeramente por el aplanamiento el punto de crecimiento vegetativo el cual en este momento es ligeramente más pequeño que de ordinario. Aquí se incluye una hinchazón visible, constricción basal del punto de crecimiento y endurecimiento del manto circundante de las células meristemáticas. La segunda etapa esta caracterizada por un alargamiento del primordio acompañado por el incremento de la constricción basal. En la tercera etapa aparecen las brácteas adicionales y en la etapa final se observa una inflorescencia blanco “lechosa” cubierta enteramente por las brácteas y mucho más alargada.

Una descripción similar de la inducción y desarrollo del primordio floral es dada por James, Chao y Serapion quienes apuntaron que las diferencias en el momento de la iniciación de las diferentes variedades pueden ser determinadas exactamente por este método.

Clements y Awada y también Chu y Serapion indicaron que con práctica las diferentes etapas de floración pueden ser distinguidas usando sus respectivos métodos. Ahora bien, con vistas a llevar a cabo las campañas de cruzamiento se utilizarán las etapas externas.

Estas son:

1. Aparición de la hoja bandera.
2. Aparición de la flor con 3 cm de longitud. Aquí es cuando se coloca el gorro de control, en el caso del progenitor femenino.
3. Aparición del güin.

Desarrollo anormal de las etapas de la Floración.

La floración de la caña de azúcar no solo ocurre etapas, sino que la progresión de estas etapas no es siempre normal luego de la iniciación del primordio viable. Así, Clements y Awada citan una observación en la cual alrededor del 70% de las plantas en los campos de Hawai iniciaron flores normales a principios del otoño pero solo el 20% produjeron güin.

Sobre esto algunos autores enuncian que una inflorescencia parcialmente desarrollada puede permanecer latente durante los meses de invierno debido a las bajas temperaturas y más tarde emergen como un güin normal. En otros casos pueden presentarse estructuras anormales como son: cogollo múltiple, cogollo enrollado, escoba de brujas y cogollo herbáceo.

La aparición de las flores anormales ha sido explicada como conflicto entre el control hormonal de la floración y el estímulo vegetativo. En virtud de esta teoría pudiera ocurrir un cambio normal en el crecimiento vegetativo a la reproductiva seguido a continuación por el restablecimiento del control vegetativo. Esta reversión pudiera terminar el proceso de floración en cualquier momento de la real emisión del güin, por lo que las anomalías subsiguientes variarán con la etapa en la cual ocurre la reversión.

Así tenemos que la reversión al estado vegetativo es temprana, permitirá un fuerte retoño nuevo que restablecerá el crecimiento normal. En otros casos predominan en el cogollo una masa de retoños débiles, o el cogollo pudiera morir, siendo reanudado el crecimiento por las yemas situadas bajo él. Donde el crecimiento normal ha sido restablecido el régimen de crecimiento eventual de la floración anormal constituirá en una corta sección de pequeños entrenudos deformados en un tallo normal.

La floración como función del fotoperíodo.

Entre los factores que influyen en la floración de la caña de azúcar los requerimientos fotoperiódicos para la inducción han sido examinadas muchas más que cualquier otro, toda vez que ha sido que el fotoperíodo es el principal factor decisivo.

Sin embargo, debido a que la caña de azúcar posee un rango adecuado extremadamente estrecho de longitudes de día y noche para la producción floral, ha sido difícil clasificar esta planta sobre una base fotoperiódica. Así, las distintas especies han sido clasificadas como cortas, intermedias, largas-cortas, etc.

a) La longitud del día como uno de los factores de control.

Que el cambio natural en la longitud del día no es el único factor guía en la tendencia de la caña de azúcar para florecer ha sido bastante reconocido sobre la base de las observaciones de campo. En 1938 Sartoris escribió “estos cambios (en la longitud del día) son constante de año en año, mientras que la floración de la caña de azúcar no es constante. Hay variedades que florecen casi cada año, algunas que raramente florecen y muchas que son irregulares en su floración. Aún con variedades que florecen profusamente no todos los tallos florecen, aunque los tallos florecidos y no florecidos pudieran ser del mismo tamaño y edad.

Sartoris concluyó que la mayoría de las variedades del *S. officinarum* podrían diferenciar el primordio floral en respuesta a alrededor de 12 horas luz, mientras que las variedades del *S. spontaneum* podrían requerir de un fotoperíodo más largo por su tendencia a florecer temprano. El notó que en la región cerca de Palmira, Colombia, situada casi sobre el ecuador

y teniendo longitudes del día casi constantes de 12 horas, la caña de azúcar comúnmente agüina todo el año.

Hansford también ha reportado floración en el ecuador. El hecho de que esto no es cierto para todas las cañas situadas cerca del ecuador fue tomado por Sartori como evidencia de otros factores reguladores, además de la longitud del día.

Clements y Awada enfatizaron que las variedades responden diferentemente a la floración en su relación con el ecuador. Así, las variedades que crecen normalmente en el ecuador podrían presentar mayor dificultad en la floración cuando se mueven a mayor distancia. Como ejemplo fue citado un incremento de la floración de las variedades de Canal Point en Baton Rouge (donde la floración es incierta) por plantas sujetas a longitudes de día hawaianos, lo que es equivalente a mover las plantas hacia el ecuador.

Así mismo las variedades de Coimbatore que florecen profusamente al sur de la India no lo hacen tan suficientemente al norte en el estado de Bihar. La respuesta de la floración al fotoperíodo esta afectada materialmente por factores internos y externos. Burr (1950), apoyándose en la teoría del “florigeno”, como evidencia de la existencia de reguladores químicos en la iniciación floral, enunció: “La luz hace algo en una hoja, y el efecto es transmitido a través del tejido conductivo hasta la yema. Este material pasará a través de un injerto desde la hoja de una variedad sensible hasta la yema de otra insensible”. También fueron citados como factores que contribuyen (Clements y Awada), un bajo estatus de nitrógeno, baja tensión de humedad, alta intensidad de la luz y tamaño adecuado de la planta. Burr discutió la importancia de la edad correcta y la “maduración para florecer”, dentro de un plantón dado solamente los tallos mayores pudieran florecer. Una relación general entre la temperatura y la floración también ha sido reportada por muchos investigadores. Por otra parte Coleman fijo la importancia de las temperaturas nocturnas durante el período crítico de la iniciación floral.

b) La floración con relación a la latitud y la longitud del día.

Muchos investigadores han mencionado la floración de la caña de azúcar todo el año en el ecuador, donde la longitud del día es bastante constante en alrededor de 12 horas. Sin

embargo, la floración algunas veces no aparece en estas condiciones, o los güines pueden estar extremadamente esparcidos.

Burr y col. que a medida que la distancia del ecuador se incrementa, el período de iniciación floral se vuelve más definido debido a mayores cambios anuales en la longitud del día. Brett propuso una escala general de floración basada en la latitud en virtud de la cual, las regiones dentro de los 10° del ecuador tendrán la floración antes o durante el mes del equinoccio de otoño, para aquellos situados entre los 10° y 20° la floración empezaría durante el primer mes después del equinoccio de otoño, durante el segundo mes para las áreas entre los 20° y 25° y durante el tercer mes para aquellos entre los 25° y 30° . Brett enfatizó que la latitud afecta fuertemente el momento y la intensidad de la floración en muchas regiones. El equinoccio de otoño ocurre el 23 de septiembre y por estar situada a los $23^{\circ}27'$ de latitud norte en Cuba la floración comienza en el mes de noviembre.

Por otra parte, las diferentes variedades no parecen florecer normalmente en respuesta a fotoperíodos fijos. Chilton y Moreland sugieren que el acortamiento gradual de la longitud del día es lo que finalmente induce la floración. Ellos citan como evidencia la tendencia por aparecer del primordio sobre la curva descendente de los acortados días de otoño que ocurre en invierno y primavera. Si solamente una longitud fija del día fuera responsable de la floración hubiese un período de floración en la primavera igual que en el otoño. Coleman concluyó entonces que la caña de azúcar percibe entonces la diferencia entre ir desde días largos hasta días cortos y desde días cortos hasta días largos.

Factores adicionales que influyen en la iniciación floral y el grado de desarrollo del güin.

a) Temperatura.

El fotoperíodo, es por supuesto, muy importante pero no cambia de año en año, mientras que la temperatura y la floración varían grandemente, sobre esta base Burr sugiere que la temperatura se hace proporcionalmente más efectiva como un factor de control de la floración en las latitudes más alejadas del ecuador. Es probable que la temperatura sea el

más importante de todos los factores cambiantes, una vez que la adecuada madurez y los requerimientos de la luz para la inducción del primordio han sido hallados.

Poliatseas y Chilton usaron el ejemplo de la emisión irregular del güin en Louisiana para enfatizar la influencia de la temperatura sobre las diferentes etapas de floración. La iniciación floral tiene lugar casi todos los años en Louisiana tanto como si lo hiciera en áreas tropicales, teniendo temperaturas favorables para la floración, no obstante los güines emergen solo raramente debido a que el clima de otoño e invierno esta sujeto a olas de frío periódicas.

Los güines usualmente aparecen solo durante estos años teniendo las temperaturas de otoño e invierno por encima de la media sin heladas. Otro ejemplo de los efectos de la temperatura sobre las etapas de la floración está dado en "Grande Isle", lejos de la costa de Louisiana, donde la iniciación y la emergencia ocurren regularmente. En este caso las temperaturas anormalmente bajas interrumpen el desarrollo de la inflorescencia, así que los güines no aparecen en noviembre, pero el crecimiento podría reanudarse más tarde con el resultado de que los güines pueden aparecer desde marzo hasta mayo.

Por otra parte, Brett observo que la fertilidad del polen se incrementa al avance de la estación desde julio hasta octubre, en esta región octubre tiene temperaturas más cálidos y días más largos. Ni el incremento de la longitud del día ni la mayor humedad se encontró que era esencial para la producción de los mayores niveles de fertilidad y se concluyó que la temperatura solamente pudiera ser la responsable.

Clements y Awada destacaron la importancia de los valores máximos y mínimos de temperatura y la variación entre ellos. En nuestro país la temperatura mínima ocurre entre las 2:00 y las 6:00 am y la máxima entre de 2:00 a 3:00 pm. Para que ocurra la floración la temperatura mínima no debe ser menor de 18°C durante cinco días consecutivos, ya que de lo contrario se inhibe este proceso. En cuanto a la máxima, ésta no debe ser mayor de 32°C .

En general es importante que la variación entre las temperaturas máximas y mínimas sea lo menor posible, siendo admisible una diferencia entre ambas hasta 6°C . En este sentido la

caña de azúcar es más sensible a la variación durante la noche, tendencia de las plantas de días cortos, lo que ha motivado que algunos autores le den esta clasificación.

b) Longitud nocturna (nictiperíodo) y la latitud.

La caña de azúcar está entre las plantas más sensibles a la luz. De acuerdo con Burr, Allard en 1948 dio a la caña de azúcar su primera clasificación formal como un tipo intermedio requiriendo días ni excepcionalmente largos ni cortos para florecer, pero más bien una longitud diurna entre 11 y 14 horas.

En 1946, Burr demostró que la caña de azúcar no florecería si el alargamiento de sus noches fuera interrumpida por la luz. Clements y Awada enfatizaron la importancia de las longitudes nocturnas muy específicas en la floración de la caña de azúcar, concluyendo que un período oscuro ideal está cerca de las 11 horas 30 minutos, especulando sobre la significación de la longitud nocturna como función de la latitud, mientras se espera algún agüinado en el ecuador durante todo el año, algún punto en ambos lados del ecuador producirá mayor floración, es decir, donde el nictiperíodo es estrecho hasta 11 horas 30 minutos. Ellos establecen este punto alrededor de los 10° de latitud norte o sur.

En los 10° fuera del ecuador el período nocturno de 11 horas 30 minutos se extiende desde el 22 de julio hasta el 9 de septiembre dando un término de 49 días cuando la caña se expuso al período apropiado para la floración. Así que no es sorprendente que el agüinamiento a poca distancia del ecuador es más denso que ningún punto cercano o aún más lejos.

Asumiendo que hay un período oscuro ideal para todas las plantas de caña de azúcar, y que este período está cerca de las 11 horas 30 minutos, Clements y Awada explicaron la conducta diferente en la floración de las variedades de caña de la siguiente manera:

- En los 30° de latitud el período se extiende desde alrededor de septiembre/4 hasta septiembre/28 un término de solo 24 días. Cualquier renuncia al agüinado pudiera probablemente no tener tiempo suficiente para recibir el complemento total del estímulo necesario.

- Por este razonamiento una variedad la cual florece densamente de los 10^o hasta los 20^o de latitud pudiera ser renuente a florecer en los 30^o y pudiera no florecer nunca en los 35^o de latitud.

Esto explica que la longitud nocturna controlada sería un arma útil para los genetistas de la caña.

c) Madurez fisiológica vs. la edad.

Antes que la planta de caña pueda iniciar el primordio floral debe pasar primero a través de un estado de inmadurez fisiológica, la fase juvenil. Hasta que éste no esté consumado la planta permanecerá vegetando aún cuando los otros factores favorezcan la inducción floral. El estado juvenil está descubierto usualmente por el número de nudos visibles o por el número de hojas. Como un cálculo aproximado, los tallos que tienen tres o cuatro nudos visibles están lo suficientemente maduros para florecer.

Coleman apunta que las condiciones fisiológicas exactas que distinguen una floración potencial de una caña juvenil no han sido determinadas, si bien ha sido sugerido que las plantas jóvenes pudieran no ser capaces de producir hormonas de la floración o el meristemo no ser capaz de responder a la hormona. Se plantea además un probable desbalance de hormonas favoreciendo el crecimiento en lugar de la floración, un efecto antifloral del nitrógeno actuando sobre este balance hormonal, y la eficiencia de la hormona del crecimiento en la manutención de un régimen de crecimiento suculento.

El parentesco constituye también un factor determinante de la “cosecha al florecer”. Así tenemos que las variedades del *Saccharum spontaneum* tienden a florecer antes que las del *S. robustum* y estas antes que las del *S. officinarum* (incluyendo la mayor parte de las cañas comerciales). La no coincidencia en la floración de estas especies constituye, sin lugar a dudas, un serio problema para los genetistas buscando producir un amplio material genético.

En Cuba, de acuerdo a la edad que necesitan las diferentes variedades para florecer, se clasifican en tres grupos:

1. Variedades de floración temprana: son aquellas que necesitan tener en el período inductivo más de tres meses de edad. Eje. NCo.310, CP.5243.
2. Variedades de floración intermedia: son aquellas que deben tener alrededor de cinco meses en período inductivo. Eje. C.693-47, My.54101.
3. Variedades de floración tardía: son aquellas que deben tener más de siete meses en el período inductivo. Eje. C.236-51, C.91-55.

El control de la floración. Punto de vista del genetista.

La floración controlada, es decir, la facultad de asegurar un porcentaje razonable de gúines normales cada año, han sido muy deseable por los genetistas, en comparación con los clones “renuentes” y aquellos que florecen profusamente un año y escasamente el próximo. Clements y Awada citaron motivos adicionales para el control de la floración, incluyendo los requerimientos de la flor para propósitos de clasificación, e indujeron la floración entre variedades que no florecen para el desarrollo de clones comerciales no florecedores.

Por otra parte, en 1956 Chinloy y Paleatseas recomendaron que los programas de cruzamiento de la caña de azúcar para Louisiana debían estar basados en la floración controlada para evitar las dificultades tradicionales de obtención de semilla.

Coleman reporta que en 1961 fueron producidas 6 000 posturas en Hawaii como resultados de los cruces en los cuales la floración de uno o ambos progenitores había sido controlada y James logró avances importantes en este sentido en la Florida

Por muchos años los cosecheros no comprendieron que sus plantaciones pudieran ser mejoradas por reconstitución controlada del material genético. Antes de los años 1880 la caña de azúcar fue considerada como una planta estéril, siendo descubierta las semillas fértiles por Harrison y Bovell en Barbados en 1889. Antes de este importante descubrimiento todas las variedades eran propagadas por trozos.

La inducción de la floración por el fotoperíodo controlado.

Varios investigadores han obtenido resultados positivos en el control del fotoperíodo como medio de inducir el agüinamiento de la caña, Vijayasaradhy y Narisamhan en Coimbatore subrayaron el papel del fotoperíodo e indicaron que una longitud natural diurna de alrededor de 11 horas era crítica, y que desviaciones de una o dos horas en ambas direcciones suprimían la floración, lo que lo planteado anteriormente por Allans y Evans y luego por Clements, de que la caña es una planta de tipo intermedio.

Por otra parte Chilton y Moreland, en Louisiana, procedieron ensayar la teoría de que es el acortamiento gradual de la longitud del día lo que induce la floración en la caña de azúcar. En dos experimentos de seis variedades con parentesco de *S. officinarum*, *S. barbaeri* y *S. spontaneum* fueron dados fotoperíodos disminuidos gradualmente, siendo inducida la floración en todas las variedades. Posteriormente Chilton y Paleatseas obtuvieron resultados positivos en este sentido empleando 81 variedades de la Florida, Australia, Java y Barbados, concluyendo que la floración es una respuesta fotoperiódica y que puede ser inducida en la caña de azúcar por el acortamiento gradual de la longitud del día.

En Cuba se ha logrado inducir la floración aumentando la cantidad de ciclos inductivos mediante una disminución del fotoperíodo de 30 minutos diarios, comenzando con una longitud inicial de 12 horas 45 minutos y finalizando con 12 horas. Esto se basa en la teoría de que la floración se produce por la acumulación del estímulo y que hay variedades que necesitan mayor cantidad de estímulo.

Un ejemplo muy práctico del control de la floración por regulación del fotoperíodo lo constituyen las cañas silvestres del grupo *S. spontaneum*. En 1960 muchos genetistas habían llegado a reconocer la necesidad de “sangre silvestre” en las variedades modernas para incrementar el vigor, el rendimiento y la resistencia de las cañas “nobles” o *S. officinarum*. La *S. spontaneum* fue el progenitor silvestre lógico y potencialmente la fuente de más valor genético silvestre.

Infortunadamente, la mayor parte de las variedades de *S. spontaneum* florecen muy temprano para ser cruzadas con sus contrapartes del *S. officinarum* y por esta razón los

genetistas han tenido que usar un número pequeño de híbridos obtenidos por cruce controlados donde el clima permitió una sincronización del agüinado. Así, Daniels reporta como primeros esfuerzos el envío de polen viable desde lugares donde eran utilizables hasta lugares donde se necesitaron.

Otros investigadores alcanzaron la floración en el *S. spontaneum* con el ajuste del fotoperíodo, de forma tal que las primeras flores del *S. officinarum* coincidieron en el tiempo con las últimas del *S. spontaneum*. Este método está limitado por carecer de floración libre las cañas “nobles” y por el limitado número de plantas que pueden ser tratadas con las facilidades de control del clima.

Daniels reporta haber obtenido variedades “cerca de las nobles” usando el método del fotoperíodo ajustado de Chilton y Moreland. El procedió a probar el mismo principio como una forma de inducir al *S. spontaneum* a florecer después de haber sido mantenido en estado vegetativo por la ruptura del período oscuro con luces. Ocho variedades de *S. spontaneum* fueron inducidas a florecer por la reducción de la longitud del día desde 13 horas 15 minutos a razón de 15 minutos por semana.

Control de la floración. El punto de vista del cosechero.

Desde el punto de vista del cosechero la floración es indeseable a causa de sus efectos adversos sobre el rendimiento y calidad de la caña de azúcar. Clements y Awada reportan que en Hawai la floración es especialmente dañina durante el primer año de un ciclo de dos años. En un experimento en Ewa, la floración pesada el primer año bajó los rendimientos en alrededor del 20 % y concluyen, “ha sido considerado nuestro criterio de que por estas áreas, donde una cosecha de dos años puede ser establecida, los güines de la primera estación constituyen uno de los mayores peligros para el productor”.

El crecimiento vegetativo de una caña florecida cesa y por lo tanto el volumen de tejido del tallo utilizable para la sacarosa se convierte en limitante. La porción del cogollo del tallo se convierte en celulosa. La dominancia apical se pierde, los hijos laterales tienden a desarrollarse (a expensas de la sacarosa almacenada) las láminas de las hojas tienden a

hacerse más cortas y pronto dejan de ser reemplazadas por nuevas láminas. Los tallos no florecidos continúan su ascenso, aumentando su área fotosintetizante, provocando sombra sobre las cañas florecidas.

En esencia, los tallos agüinados y aquellos productos de aberraciones tales como “cogollos múltiples” o “escobas de bruja” han perdido mucho de su capacidad para elaborar y almacenar azúcar.

Numerosos métodos han sido probados en ensayos para prevenir la floración. Estos incluye el uso de llamas u otras fuentes de luz para interrumpir el período crítico de oscuridad, control de la temperatura, defoliación mecánica, retención del agua y el uso de rociadores químicos.

Burr en 1950 concluyó que cualquiera de estos tratamientos tenderá a suprimir la floración si es aplicado durante el período crítico de inducción floral.

El control del agua y los tratamientos químicos son los de mayores perspectivas. La defoliación y la interrupción nocturna no han probado ser posible sobre una base comercial. También parece que, independientemente del método utilizado los tratamientos serán siempre atendidos con ciertas irregularidades y frustraciones. Debido a lo variable de la temperatura u otros factores ambientales, los campos que florecen profusamente un año podrían no florecer al otro año, o solo ligeramente que nunca se pudiera conocer si los esfuerzos para su control han sido efectivos.

Control de la floración por control de la humedad.

Muchos autores coinciden en que el control de suministro de agua durante el período crítico de la inducción floral es la forma más efectiva de un control de la floración por el cosechero de caña. Clements escribió en 1968 “la caña de azúcar es muy sensible a la sequía y no florecerá si esta bajo tensión, en efecto, la imposición de una sequía suave es un recurso usado para evitar la floración en los campos comerciales”.

Como resultado de muchas otras investigaciones se ha obtenido que la baja tensión de humedad del suelo es uno de los factores que aseguran la floración, en tanto que una alta tensión la retrasa. Humbert y col. describen la respuesta de las plantas a la tensión del agua en términos de una reprogramación fisiológica apuntada a la supervivencia de la caña en vez de la reproducción. Cuando se le suministra agua de nuevo, las plantas reanudarán el crecimiento vegetativo sin peligro de un fotoperíodo inductivo crítico durante otro año más.

La defoliación y la eliminación del cogollo.

Esta ampliamente aceptado que son las hojas los órganos de la planta capaces de percibir las longitudes diurnas críticas y responder produciendo el estímulo necesario para la inducción floral, siendo lógico por lo tanto que se intentara controlar la floración mediante la eliminación de las hojas en la producción de este estímulo, método éste que ha demostrado ser efectivo de acuerdo a los resultados obtenidos por varios investigadores. Estos han identificado además a las hojas más jóvenes como las más activas en la producción de la señal para la inducción floral, enunciando que esta señal es un compuesto químico o grupo de compuestos químicos que son trasladados desde la hoja hasta el sitio de estímulo.

En 1959 trabajos realizados en Hawai demostraron que la separación del cogollo al nivel del “dewlap” más alto (+1) evitó totalmente la floración, considerándose además de crítico el momento de la eliminación del cogollo. Pero por otra parte, estudios subsecuentes han reportado que las pérdidas por defoliación son generalmente menores que las producidas por la floración.

Finalmente es necesario destacar que este método no es usado frecuentemente a escala comercial, limitándose a regiones como la India donde existe una abundante mano de obra barata, por lo que se aplica preferentemente el método de control químico, que resulta sumamente caro en estas condiciones. En áreas cañeras del CAI “Sergio González” Colón provincia de Matanzas, Cancio (1981) reporta que la aplicación del defoliante Reglone inhibió eficazmente la floración en la variedad CP. 5243.

Control de la floración por nitrógeno.

En general una aplicación fuerte de nitrógeno combinado con sequía constituye un método efectivo del control de la floración, garantizando un rápido crecimiento vegetativo luego de la reanudación del agua. Constituye sin embargo este método una limitante desde el punto de vista de la calidad de la caña cuando estos tratamientos representan una extensión del período de fertilización o el uso de más N que el aplicado normalmente, por lo que los mejores resultados deben esperarse con una programación tal de la fertilización que incluya también el control de la floración.

Control de la floración con productos químicos.

La aplicación de productos químicos (herbicidas principalmente) como control de la floración parece ser un medio efectivo y comercialmente recomendable por sus resultados económicos. En el mundo se han obtenido resultados positivos con la aplicación de Ethrel, en Zimbabwe y Africa del Sur los mejores resultados fueron obtenidos con este producto, el cual elimina el etileno "in situ", lo cual induce el crecimiento o estimula la producción de tallos más gruesos y pesados.

Terrero y col. (1991) plantean que el Ethrel no aniquila el punto de crecimiento, si no que libera el etileno dentro de la planta, el cual es un regulador del crecimiento que estimula el sistema enzimático y no detiene este proceso . Según Villarreal (1986) el Ethrel brinda al cultivador más tiempo para decidir la época de cosecha de cualquier variedad florecedora, ya que permite realizar la misma de 10 a 12 semanas después de la aplicación.

Entre las zafras 92 y 96, Díaz y col (1997) evaluaron en tres experimentos el control de la floración y el acorchamiento del tallo inmaduro, y su efecto sobre el rendimiento, calidad y manejo de la variedad CP.5243, evaluaron diferentes dosis y los mejores resultados se obtuvieron en 1.5 L/ha en aplicaciones hechas en agosto/27 y septiembre/8. Los resultados incluyeron una mejora en la clarificación de los jugos por la eliminación del tejido acorchado, un mejor manejo de la variedad al cosecharse sin deterioro alguno hasta finales de zafra y aumentos en rendimiento en caña y azúcar.

Las aplicaciones de cualquier producto químico para el control de la floración deben ser hechas en el período inductivo o semanas antes. Las dosis recomendadas son bajas (oscilan entre 1.25 y 1.26 L/ha) y su aplicación debe realizarse de forma foliar por avión.

Mecanismo de la floración de la caña de azúcar.

Los estímulos inductivos. Muchos investigadores asumen que los estímulos causantes de la iniciación floral en un meristemo previamente vegetativo están dados por una o más sustancias de cualidades iguales a las hormonas, y en la búsqueda de una hormona específica de la floración han denominado “florigeno” a una sustancia que, si bien existe, nunca ha podido ser aislada, por lo que su extracción y explicación estructural se clasifican entre los problemas más urgentes en la fisiología de la floración, como estableciera Zeewart al respecto.

Burr demostró que el material de la floración es sintetizado en las hojas. Para esto es muy usado el injerto de una hoja inducida (donador) a una planta no inducida (receptor) obteniendo la floración de la planta no inducida. Otro método consiste en la exposición de solo una o unas pocas hojas a un fotoperíodo inductivo seguido por la producción de flores en las partes de la planta que permanecieron sin exponerse. Un tercer método ilustrando la síntesis y transporte de un factor de la floración implica la eliminación de las hojas después que ha sido percibido el fotoperíodo crítico y la obtención posterior de la floración.

Efecto de la giberelina. La giberelina aplicada a una planta en estado vegetativo puede provocar el cambio al estado de floración. Esta hormona aparentemente estimula el mecanismo inductivo de las plantas de días largos y de varias especies que requieren un período frío para florecer, por lo que el tratamiento de estas plantas con giberelina provocará la floración en condiciones en que mantendrían el estado vegetativo. Sin embargo, se ha considerado que la floración no es más que un resultado indirecto del tratamiento con giberelina, así el alargamiento estimulado de un tallo tratado exige la producción de compuestos necesarios para permitir dicho crecimiento.

Algunos de estos compuestos, a través de su concentración o de su presencia pueden acabar logrando la diferenciación de los primordios florales. Por otra parte, el tratamiento de giberelina en plantas de días cortos sometidas a fotoperíodos inductivos para su floración no estimula dicha floración, incluso el tratamiento con giberelina a plantas de días cortos en condiciones favorables para la floración produjo una reducción favorable de la floración.

Importancia de la luz roja y la roja extrema.

Los primeros trabajos sobre fotoperiodicidad estuvieron encaminados a determinar los efectos de la luz blanca sobre la floración. Sin embargo, en la investigación de las reacciones fisiológicas se ha hecho práctica habitual el localizar las longitudes de onda más efectivas para el proceso estudiado para, comparando el espectro de absorción de constituyentes conocidos de la planta con el de acción del proceso, determinar cual será con mayor probabilidad el fotorreceptor que actué iniciando el proceso. En general, tanto las plantas de días largos como las de días cortos muestran un espectro de acción de la interrupción por la luz del período oscuro el cual se eleva en la región naranja rojo entre los 620 y 655 mll con un máximo aproximadamente a 640 mll. Por ello, la luz roja se considera la radiación más efectiva para las reacciones de interrupción luminosa.

Los efectos inhibidores de la luz “roja extrema”, entre los 720 y 740 mll. Ahora bien, si seguidamente se aplica la luz roja, la floración vuelve a quedar inhibida, por lo que la radiación aplicada en último término determinará la respuesta d la planta.

Bibliografía.

- **Alexander, A.** (1976). Sugar Cane Physiology. Elsevier. Publishing Co. London. 675 p.
- **Chu, T. y J. L. Serapion.** (1980). Leaf removal as a means of delayng flowering in sugar cane breeding. Proc. XVII ISSCT Cong. Manila.
- **Coleman, R. E.** (1968). Physiology of flowering in sugar cane. Proc. XIII ISSCT Cong., pp., 992-1000.

- **Dillewijn, C. van.** (1978). Botánica de la caña de azúcar. Edit. Rev. I.C.L. La Habana. 460p.
- **Fauconnier R. y D. Bassereau.** (1980). La caña de azúcar. Ed. Científico-Técnica. La Habana. 369 p.
- **Fernández, R. , A. Dávila y F. Del Toro.** (1983). Botánica y Fisiología de la caña de azúcar. Edit. Pueblo y Educación. La Habana. 244 p.
- **Humbert, R. P.** (1979). El cultivo de la caña de azúcar. Edit. Pueblo y Educación. La Habana. 712 p.
- **Martín, J. R., G. Gálvez, R. de Armas, R. Espinosa, R. Vigoa, y A. León.** (1987). La Caña de Azúcar en Cuba. La Habana. Edit. Científico-Técnica. 612 p.
- **Torres, J., B. Verano, N. Moya, S. Rodríguez, J. Acosta, y M. Caballero.** (1989). Fitotecnia de la caña de azúcar. ENPES. Cuba. 582 p.