

**EFFECTO DE LA EDAD DE LA PLANTA Y DE DIFERENTES TRATAMIENTOS FOTOINDUCTIVOS EN LA FLORACION DE LA CAÑA DE AZUCAR *Saccharum* sp.**

Carlos A. Viveros V. \*

Clímaco Cassalet D. \*\*

Yamel López F. \*\*\*

**COMPENDIO**

BIBLIOTECA CENTRAL  
SALA UNIVERSIDAD NACIONAL

La floración y la posterior polinización para la formación de la semilla, es el mecanismo para poder reunir en un solo genotipo las características deseables de una planta. La no floración de un alto número de variedades de caña de azúcar en condiciones de fotoperíodo natural del Valle del Cauca, restringe el uso de la totalidad del potencial genético existente en el banco de germoplasma de CENICAÑA. Se estudió el efecto de la edad de la planta y de varios tratamientos en la inducción de floración de la caña de azúcar. Los experimentos se realizaron durante 1990 en la casa de fotoperíodo de la Estación Experimental San Antonio, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. La siembra de la variedad Mex 64-1487 se realizó en recipientes plásticos de 34 litros de capacidad cuando las plantas de la variedad tuvieron tres, cuatro, cinco y seis meses de edad recibieron tratamiento adicional de la luz artificial a partir del primero de julio, ajustándolo a una curva de fotoperíodo de 14° de latitud. A partir de los tres meses, cuando las plantas tenían ocho hojas formadas, estaban en capacidad de ser inducidas a florecer con tratamiento de luz artificial. Las plantas de mayor edad también florecieron en su totalidad y en forma simultánea, alrededor de los 174 días después de iniciar el tratamiento de luz. Se realizó un segundo experimento con la variedad Mex 64-1487 dándole seis tratamientos fotoinducidos de trece horas, desde 1 hasta 60 días, con disminución de luz de 2 minutos cada dos días. Se encontró que un solo día de 13 horas con descenso hasta 12 horas fue suficiente para inducir la floración.

**ABSTRACT**

Flowering and pollination to produce seeds is the mechanism which assembles in a single genotype the desirable characteristics of a plant. No flowering of a high number of varieties under natural condition in the Valle del Cauca restricts the use of the whole genetic potential existing in CENICAÑA's germplasm bank. It was studied the effect of plant age and several photoinductive treatments in flower induction of sugarcane. The experiments were carried out during 1990 in San Antonio Experiment Station photoperiod house, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Planting of the variety Mex 64-1487 was done in 34 liters plastic pots. When the plants were three, four, five, and six months old were supplied with additional artificial light starting July first following the photoperiod curve of 14° latitude. It was found that all the plants flower even those that have the light treatment when were three months old. At that age the plants have 8 leaves. All the plants flower around 174 days from the day they start getting the artificial light. A second experiments was set up using Mex 64-1487 with 6 photoinductive treatments of thirteen hours during 1 to 60 days. The hours of light was decreased by two minutes every other day. It was found that one day with 13 light hours was enough to induce flower.

**INTRODUCCION**

El programa de CENICAÑA tiene como objeto obtener variedades de caña de azúcar con las características agronómicas y de fábrica que exige la industria azucarera. La característica de florecer, desde el punto de vista de la producción, puede ser negativa porque no puede permanecer en el campo en ese estado por mucho tiempo ya que disminuye las toneladas de caña

por deshidratación e inversión de azúcares, pero para la realización de cruzamientos es un factor esencial.

La flor es el órgano de la planta de mayor importancia es un programa de mejoramiento. Al utilizar este mecanismo reproductivo el fitomejorador trata de reunir en un solo genotipo las características del prototipo ideal de las variedades. En la actualidad CENICAÑA

\* Estudiante de postgrado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira

\*\* Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Telefax (923) 641936 Cali.

\*\*\* Profesor Universidad Nacional de Colombia. AA 237 Palmira.

cuenta con un banco de germoplasma compuesto de 986 variedades, de las cuales el 40% no florecen en la Estación Experimental San Antonio.

La floración de la caña de azúcar es un problema mayor en sitios ubicados cerca de la línea ecuatorial y en menor proporción en aquellos ubicados cerca a los 14° de latitud, en donde la cantidad de horas luz son ideales para inducir la floración.

Debido a esto, CENICAÑA realizó estudios sobre la incidencia en la floración del fotoperíodo natural y temperatura en Sopetrán, Montería, Santa Marta y Cúcuta, comparando estos resultados con los obtenidos en diferentes sitios del Valle del Cauca. Finalmente se encontró que Santa Marta ofrecía las mejores condiciones para la realización de cruzamientos debido a que la curva de fotoperíodo y la temperatura mínima son ideales para la floración y fue el sitio en donde se logró el mayor número de variedades florecidas (CENICAÑA, 1985).

Para lograr inducir la floración en estas variedades, CENICAÑA ha adelantado algunos estudios relacionados con el fotoperíodo, considerado como el factor crítico por el cual algunas variedades no florecen en forma natural. Se trata de simular la curva de fotoperíodo de un sitio localizado a 14° de latitud y se plantea como hipótesis que hay una etapa clave en la inducción de la floración de la caña de azúcar durante la cual se produce el estímulo para florecer.

Sin embargo, aún no se ha tenido éxito en inducir floración en algunas variedades debido principalmente a que no se ha precisado muy bien la metodología para manejar las plantas que van a recibir tratamiento en condiciones de casa de fotoperíodo.

Los objetivos del estudio fueron:

Proponer una metodología para inducir la floración de la caña de azúcar en condiciones de la casa de fotoperíodo.

Determinar la edad de la planta de caña de

azúcar a partir de la cual puede recibir tratamiento fotoinductivo y relacionarlo con una característica morfológica.

## MATERIALES Y METODOS

Los experimentos se realizaron en la Estación Experimental de San Antonio, del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, CENICAÑA, localizada en el municipio de Florida, Departamento del Valle, Colombia, a 03° 23' latitud norte y 76° 19' longitud occidental y a 980 m sobre el nivel del mar.

Los datos climáticos de la Estación Experimental, promedio de nueve años, (1982-1990) y de 1990 son los siguientes:

	1982-1990	1990
Precipitación promedio anual	mm 1202.7	1020.2
Temperatura promedio diaria	°C 23.5	23.6
Evaporación promedio anual	mm 1653.54	1728.15
Humedad relativa promedio diaria	% 77	78
Brillo solar promedio anual	Horas luz 5.31	5.26

Para dar el tratamiento de fotoinducción se utilizó la casa de fotoperíodo de CENICAÑA, la cual está provista de una combinación de luz fluorescente e incandescente (bombillos de 100 vatios) y su intensidad lumínica fotosintéticamente activa tomada a un metro de distancia de la fuente de la luz es de 15.05  $\mu\text{m}^2/\text{seg}$  (las hojas superiores de las plantas permanecieron a un metro de distancia de la fuente de luz). De esta forma se adicionó luz artificial a la natural para completar las horas luz necesarias. Las plantas se guardaron en la noche 7:00 pm (total oscuridad) y se sacaron a las 7:00 am cuando ya había salido el sol. A partir del primero de julio se inició el tratamiento de fotoperíodo.

La información de la hora de salida y de puesta del sol utilizada para elaborar la gráfica de la

curva de fotoperíodo natural y los cálculos de adición de luz en cada tratamiento corresponden a 03° 30' latitud norte.

## METODOLOGIA

En un diseño completamente al azar con dos repeticiones, se sembró la variedad Mex 64-1487 en recipientes plásticos de 34 l de capacidad de forma cónica (H = 41 cm, R = 16 cm y r = 15 cm) en una mezcla de tierra, cachaza (sub-producto de la industria azucarera utilizando como abono orgánico), y arena en partes iguales, que ha dado la mejor retención de humedad sin afectar la permeabilidad (Viveros y Cassalett, 1990).

Se conservaron cuatro (4) tallos primarios por matero durante el experimento,; el follaje sólo se removió cuando demostró estado de senectud.

Las plantas de los tratamientos 1, 3, 5 y 7 tenían al momento de iniciar el tratamiento fotoinductivo seis, cinco, cuatro y tres meses. Los tratamientos testigo (2, 4, 6 y 8) recibieron el fotoperíodo natural de la Estación Experimental San Antonio (Figura 1).

Al momento de iniciar el tratamiento de fotoperíodo se contó el número de hojas hasta la del primer cuello visible. Se realizó un análisis de regresión entre la edad y el número de hojas y se realizó un ajuste de tipo lineal de la forma  $Y = bx$ .

## EFFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS FOTOINDUCTIVOS EN LA FLORACION DE LA CAÑA DE AZUCAR

Se utilizó un diseño completamente al azar con dos repeticiones. Los tratamientos (Figuras 2 y 3) buscaban identificar los períodos de luz u oscuridad que lograban inducir floración en la variedad Mex 64-1487.

Las plantas se sembraron el primero de febrero. El primer tratamiento consistió en suministrar un fotoperíodo de 13 horas, a partir del primero de julio cuando la planta tenía 5 meses, durante dos meses; luego se disminuyó dos minutos de luz

cada dos días hasta igualar el fotoperíodo natural y continuó el descenso hasta llegar a 12 horas 30 minutos de oscuridad. Se sembró un testigo absoluto en la misma fecha. Los tratamientos 9, 10 y 11 fueron similares y buscaban determinar si la exposición de 13 horas por 60 días que reciben las plantas se puede reducir a 45 y 30 días y en el tratamiento 11 se elimina totalmente esta etapa de exposición y se partió de 13 horas con descenso inmediato junto con los tratamientos 9 y 10.

Los tratamientos 12, 13 y 14 difieren en las etapas del proceso fotoinductivo y buscaban determinar la importancia de cada una y si es factible prescindir o no de ellas.

El tratamiento 12 descendió bruscamente de 13 a 12 horas 10 minutos que fue el fotoperíodo natural de ese día a diferencia del tratamiento 3 en el cual se hizo un descenso gradual hasta llegar al fotoperíodo natural. Luego se hizo un aumento en el período oscuro hasta llegar a 12 horas 30 minutos. Con este tratamiento se verificó la importancia del descenso gradual del fotoperíodo.

En el tratamiento 13 se hizo el descenso brusco de 13 horas al fotoperíodo natural y se dejaron las plantas expuestas al fotoperíodo natural el resto de días del ensayo. Con ello se trataba de observar si el tratamiento de 13 horas por 60 días era suficiente para inducir las plantas y lograr su floración.

El tratamiento 14 consistió en dar un tratamiento de 13 horas por 60 días y luego se descendió al fotoperíodo natural en forma gradual. Este tratamiento fue de importancia para determinar si hay necesidad del aumento en el período oscuro ya que en este no se aumentó a diferencia del tratamiento 3 con el cual se aumentó hasta 12 horas 30 minutos de oscuridad.

La información resultante de los tratamientos 3-9-10-11 y 14 es de importancia y de buena práctica para el trabajo de inducción en campo abierto en ICA-Caribia, Centro Experimental del ICA, localizado en Sevilla (Magdalena), puesto que en condiciones naturales de campo se difi-

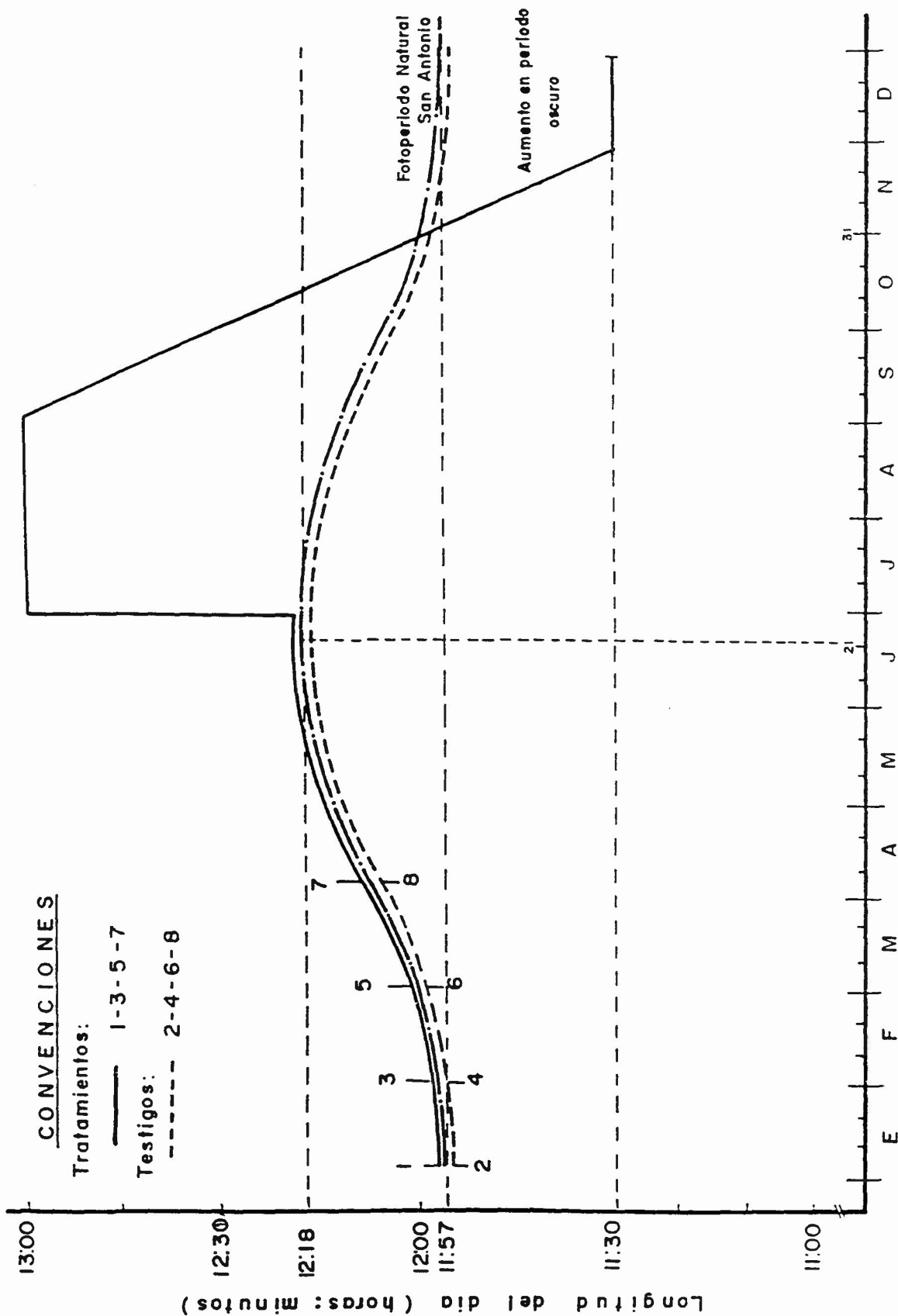


Figura 1 Tratamiento de fotoperiodo dado a plantas de la variedad Mex 64-1487 que tenían diferentes edades

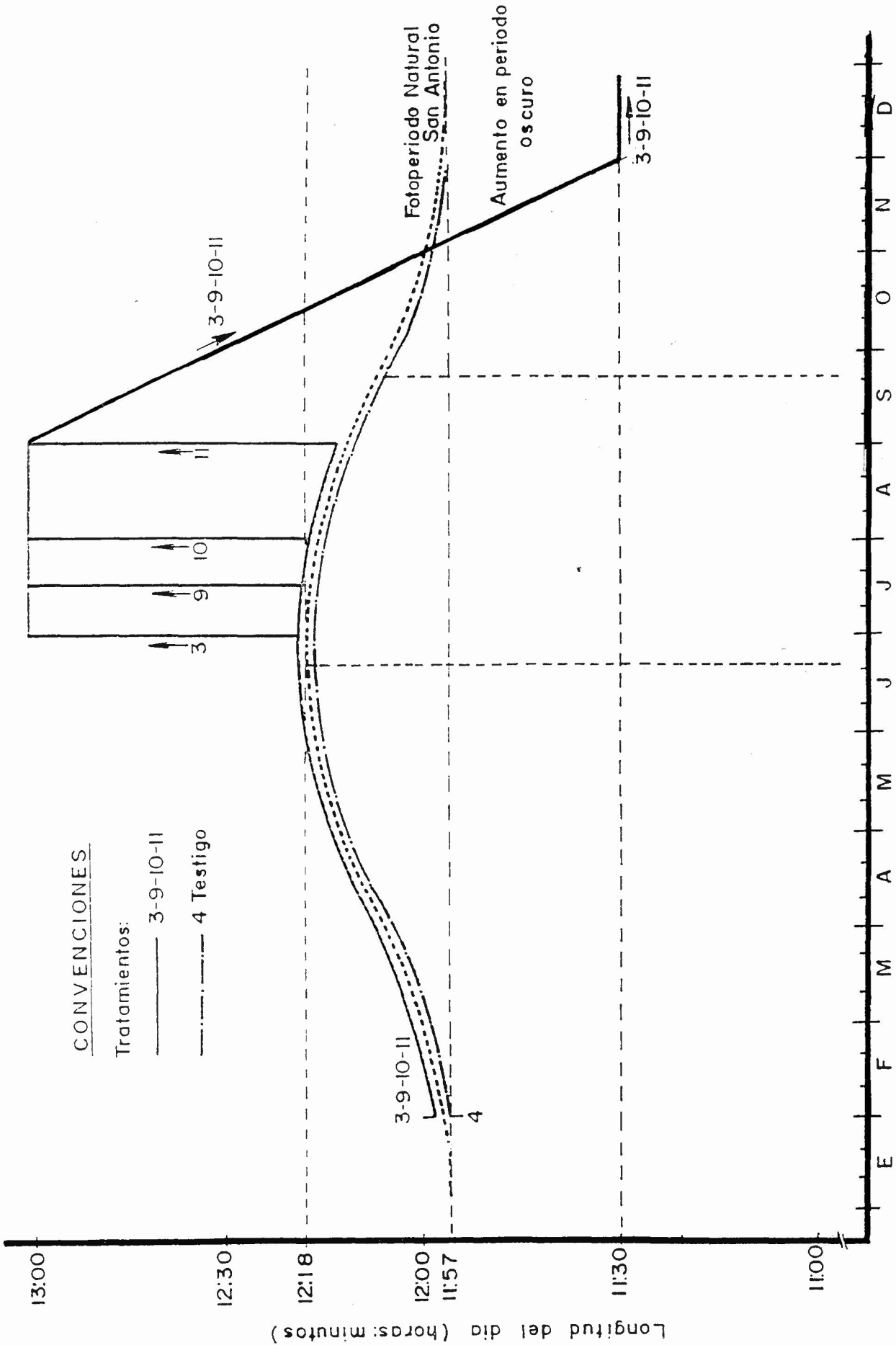


Figura 2. Efecto de varios tratamientos fotoinductivos en la floración de la caña de azúcar

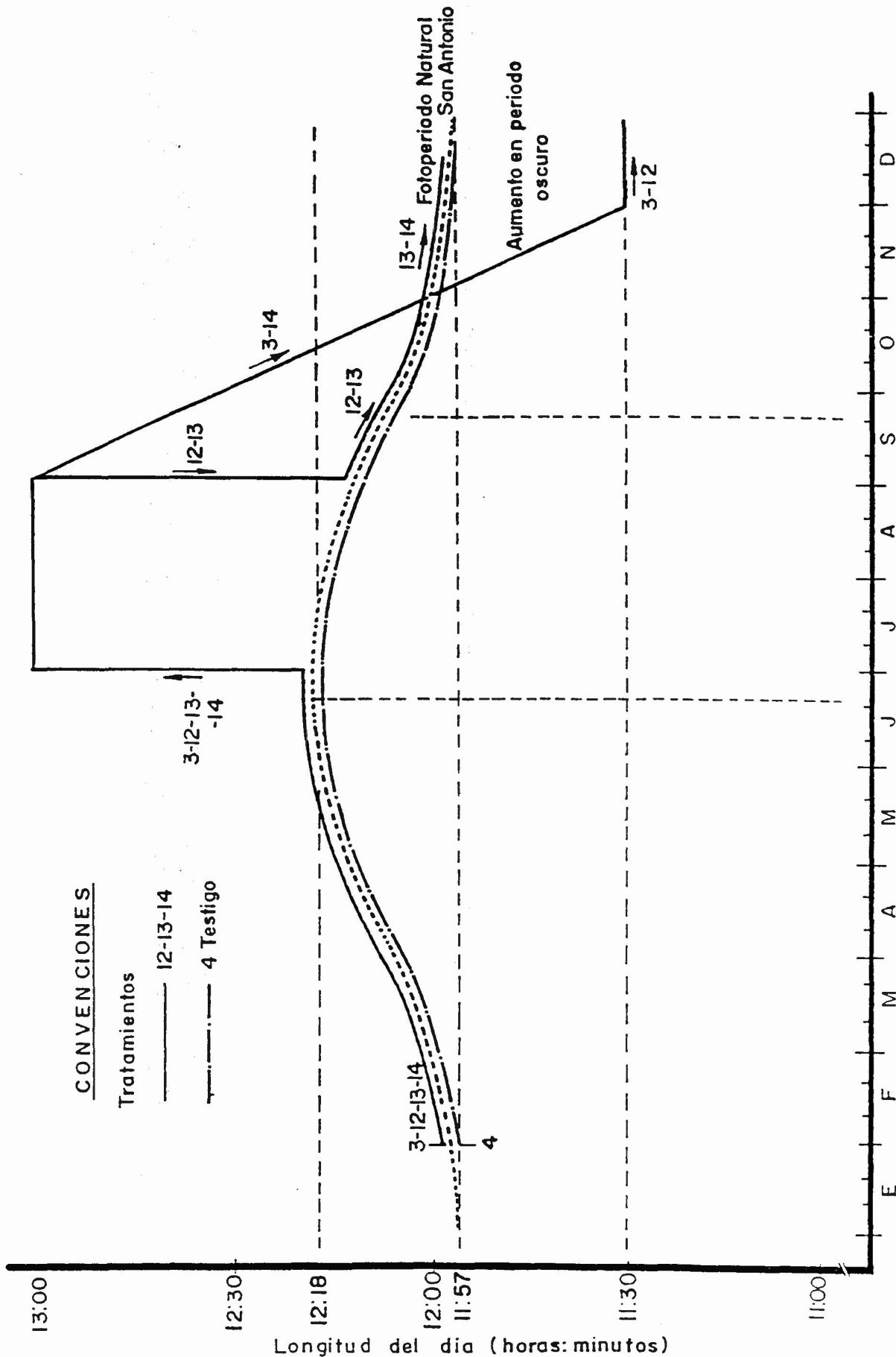


Figura 3. Efecto de varios tratamientos fotoinductivos en la floración de la caña de azúcar

culta aumentar el período oscuro y se debe aprovechar el descenso natural que se presenta a partir del 21 de junio.

Al finalizar el experimento se contó el número de tallos florecidos o en estado de bandera por tratamiento y en aquellos que no se observó ningún cambio morfológico externo relacionado con la floración se observó su meristemo apical para determinar la presencia de inducción.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Edad apropiada de la planta de caña de azúcar para recibir tratamiento fotoinductivo.**

Se encontró una correlación positiva altamente significativa entre la edad de la planta con el número de hojas ( $r = 0.99^{**}$ ). Los residuales tuvieron un comportamiento normal, 35 de ellos fueron positivos y 29 negativos.

Se hizo el análisis para regresión lineal, mediante ajuste a un modelo de tipo  $Y = bx$ , la ecuación encontrada fue  $Y = 2.98 X$  donde  $Y =$  número de hojas y  $X =$  edad de la planta. La pendiente  $b = 2.98$  indica que entre los tres y seis meses las plantas tienen tres hojas de diferencia por cada mes de edad.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre las edades para la variable número de hojas. Al comparar promedios, mediante la prueba de Duncan al 1%, se encontró que todos ellos eran diferentes. Los promedios obtenidos fueron 7.44, 11.0, 15.75 y 18.56 para las edades 3, 4, 5, y 6 meses respectivamente.

Las plantas que recibieron tratamiento fotoinductivo se observaron en estado de prefloración (alargamiento del entrenudo apical antes de llegar a bandera) el 19 de noviembre, es decir, a los 142 días después de iniciar el tratamiento de fotoperíodo. Ese día, según el tratamiento fotoinductivo, se había descendido hasta 11 horas 40 minutos, lo que indica que no es necesario descender más para lograr su floración. Por tal motivo el tratamiento a estas plantas se

suspendió y continuaron con el fotoperíodo natural.

Las plantas que tenían tres, cuatro, cinco y seis meses de edad al iniciar el tratamiento fotoinductivo florecieron completamente en ambas repeticiones lo que indica que la variedad Mex 64-1487 y posiblemente variedades no florecedoras en nuestro medio responden a este tratamiento fotoinductivo desde los tres meses (8.0 hojas) y que inclusive se pueden someter plantas de edades mayores hasta seis meses sin que afecte la inducción. Los testigos no florecieron y la evaluación del meristemo apical confirma la no inducción de esta variedad en condiciones del fotoperíodo natural del Valle del Cauca.

### **Efecto de diferentes tratamientos fotoinductivos en la floración de la caña de azúcar.**

Las observaciones en los tallos permitieron identificar la prefloración de los tratamientos 3, 9, 10 y 11 y 14 el 19 de noviembre, los cuales posteriormente fueron los que florecieron. En esta fecha llevaban de tratamiento fotoperiodico los siguientes días: El tratamiento tres, 142 días; el 9, 127 días; el 10, 111 días; el 11, 80 días, y el 14, 120 días. Lo anterior permite entrever la posibilidad de reducir el tiempo de las plantas en la casa de fotoperíodo de 180 a sólo 80 días, con lo cual se hará un uso más eficiente de este valioso recurso.

El tratamiento de fotoperíodo testigo (3) indujo la floración de esta variedad en el 100% de los tallos. El testigo de este tratamiento no floreció, lo cual confirma que la variedad no florece en condiciones de fotoperíodo natural y que es necesario someter a fotoperíodo de una latitud diferente.

Los tratamientos 9, 10 y 11 que se diferenciaron del tratamiento testigo en el número de días con suministro de 13 horas, indujeron la floración en la totalidad de los tallos. Con lo anterior se logra demostrar que esta etapa no es la fundamental en el proceso de inducción y además que no es necesaria y se puede prescindir de ella. Con el tratamiento 11 se acorta en 60 días el

tratamiento fotoinductivo y se logra igual efecto que el 9, 10 y 3.

Los tratamientos 12 y 13 no florecieron, con estos resultados en primera instancia se logra establecer que el descenso gradual de 13 a 12 horas es el fundamental y en este período ocurre la inducción de la floración en las variedades no florecedoras. Estos resultados también indican que la caña de azúcar necesita un descenso de mayor a menor cantidad horas luz para lograr su floración.

Con el tratamiento 12 se logró demostrar que no es fundamental el descenso de 12 a 11 horas 30 minutos y que el aumento en el período oscuro no indujo la floración. Este hecho se corrobora porque el 19 de noviembre, cuando se suministraban 11:40 minutos de oscuridad estas plantas ya se encontraban en prefloración, lo que indica que la inducción ocurrió tiempo atrás.

El resultado obtenido con el tratamiento 14, el cual difiere del tratamiento de fotoperíodo testigo (tres) es de gran importancia, debido a que con este se logró floración en la totalidad de los tallos sin hacer el aumento en el período oscuro. Este hecho confirma lo expuesto de que no es importante el descenso a partir de las 12 horas.

## CONCLUSIONES

1. El número de hojas por tallo es una característica que puede servir para establecer edades de las plantas. Entre lo tres y seis meses el número de hojas se ajusta a una regresión lineal con ecuación  $Y = 2.98 X$ , donde  $Y$  = número de hojas y  $X$  = edad en meses.
2. Plantas de la variedad Mex 64-1487 se pueden hacer florecer ajustando la curva de fotoperíodo a un sitio ubicado a  $14^\circ$  de latitud y no es necesario descender más allá de 12 horas.
3. La madurez fisiológica para recibir tratamiento fotoinductivo en plantas de esta variedad, se puede expresar de acuerdo con el número de hojas y se debe contar con un mínimo de ocho hojas para iniciar el tratamiento de fotoperíodo en la plantilla.
4. Plantas entre tres y seis meses responden a tratamientos fotoinductivos en forma similar.
5. El período fundamental en la inducción de la floración se encontró en el descenso de la cantidad de horas luz de 13 hasta llegar a 12. Al mismo tiempo se redujo a 120 el número de días a floración a partir del inicio del tratamiento fotoinductivo.
6. Las plantas en el proceso inductivo no requieren aumento en el período oscuro mayor de 12 horas lo que facilita los estudios de fotoperíodo en condiciones naturales y se puede aprovechar el descenso natural.

## BIBLIOGRAFIA

1. ALBERTSHEIM, P. and DARVILL, A. 1985. Oligosaccharins. *Sci. Am.* 253 (3):44-50.
2. ALEXANDER, A.G. 1973. Sugarcane physiology a comprehensive study of *Saccharum* source to sink system. Amsterdam : Elsevier. 752 p.
3. CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA CAÑA DE AZUCAR DE COLOMBIA. Informe de labores del Programa de Variedades de 1985. 258 p.
4. \_\_\_\_\_. Informe de labores del Programa de variedades de 1986. 230 p.
5. \_\_\_\_\_. Informe anual, 1988. 84 p.
6. CASSALETT D., C. y RANJEL, J.H. 1983. Informe de las visitas realizadas a Planal-sucar, Copersucar y la Estación de Cruzamientos de Camamú, Brasil. Cali : CENICAÑA. Serie Técnica; No. 1.
7. \_\_\_\_\_. 1986. Planting date and flower induction under natural photoperiod of  $3^\circ 3'$  laltitud in Colombia. *Proc. Soc. Sugarcane Tech* 19 Indone-sia. p. 544-550.
8. COLEMAN, R.E. 1959. Factors involved in the flowering of sugarcane *Saccharum* spp. *Proc. Int. Soc. Sugarcane Tech.* 10. Hawaii. p. 805-814.



9. COLEMAN, R.E. 1962. Control of flowering and the use of pollen storage as techniques in sugarcane breeding program. Proc. Int. Sug. Cane Tech. Mauritius. p. 533-540.
10. \_\_\_\_\_. 1968. Physiology of flowering in sugarcane. Proc. Int. Soc. Sug. Cane Tech. 13 Taiwan. p.992-1000.
11. CHU, T.L. and SERAPION, J.L. 1971. Flower initiation and tassel emergence in sugarcane. The Journal of Agricultural of the University of Puerto Rico. 55(1).
12. JULIEN, R. 1968. The role of leaves in the perceptium and inhibition of the flowering stimulus in sugarcane. Proc. Int. Soc. Sug. Cane Tech. 13 Taiwan. p. 978-983.
13. LEE S. HU T.H. and TU, T.T. 1968. Photoperiodic induction of flowering in sugarcane. Proc. Inst. Soc. Sug. Cane Tech. 13. Taiwan. p. 1001-1005.
14. LEVI, C.A. 1981. Floración de caña de azúcar; determinación de requerimientos fotoperiódicos. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán (Argentina). 58(1):35-48.
15. LOPEZ F., Y. 1986. Avances recientes en fitoreguladores: el caso de los oligosacáridos. Palmira : Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Mimeografiado. 3 p.
16. MIDMORE, D.S. 1980. Effects of photoperiodic on flowering and fertility of sugarcane *Saccharum* spp. Field Crops Research. 1(1):65-81.
17. NUSS, K.J. 1977. Synchronization of flowering to implement a proven cross breeding system in sugarcane. Proc. Int. Soc. Sug. Cane Tech. 16. Sao Paulo, Brazil. p. 111-119.
18. \_\_\_\_\_. 1980. Effects of photoperiod and temperature on initiation and development of flowers in sugarcane. Proc. Int. Soc. Sug. Cane Tech. 17. Manila, Filipinas. p. 486-493.
19. \_\_\_\_\_ and BRETT, P.G.C. 1978. Artificial induction of flowering in sugarcane program. Mount Edgecombe, SASA.
20. PALIATSEAS, E.D. and CHILTON, S.J.P. 1956. The induction of the emergency of the inflorescence of sugarcane. Proc. Int. Soc. Sug. Cane Tech. 9. New Delhi. p. 657-669.
21. RESTREPO, F.S.L. 1983. Inducción y sincronización de la floración de la caña de azúcar en el Valle del Cauca. 82 p. Palmira. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
22. RANJEL JIMENEZ, H. et al. 1984. El problema inductivo de la floración de la caña de azúcar en Colombia. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 1. Cali : TECNICAÑA, 1: 23-32.
23. SAM, O.C. e IGLESIAS, R. 1988. Estudio de los primeros estados de la inflorescencia de la caña de azúcar. Cuba : ATAL. No. 4:2-7.
24. VIVEROS VALENS, C.A. y CASSALETT DAVILA, C. 1990. Inducción y sincronización de floración en variedades de caña de azúcar. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 3. Cali : TECNICAÑA, 1:11-19.