

**INFLUENCIA DEL CONTENIDO HIDRICO EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE TRES CULTIVARES COMERCIALES DE CAÑA DE AZUCAR, EN LOS CICLOS DE PRIMAVERA (ENERO-JUNIO) Y FRIO (JULIO-DICIEMBRE).**

**Félix Valladares Arrocha, Isabel Torres Varela, Joaquín Montalván Delgado, Pedro León Nuñez, Luis Hernández Elías, Julio Rodríguez Brito, Oscar Cervantes Pellán, Gerardo Marrero Reguera, Magaly Padrón Padilla, Marcial Fabal Destrade.**

*Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Cuba. Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Camagüey. Cuba.*  
E-Mail: [fitome@epica.cm.minaz.cu](mailto:fitome@epica.cm.minaz.cu)

**RESUMEN**

El crecimiento de los vegetales es en lo fundamental un proceso de alargamiento o expansión celular, asociado con la asimilación de agua, por lo que es de esperarse una estrecha relación entre el contenido hídrico y la tasa de crecimiento. El objetivo del estudio fue cuantificar la relación entre el contenido de agua de los tallos y el follaje de la caña de azúcar, con el aumento proporcional en la elongación, diámetro, volumen y área de estas partes de la planta. Las variables se determinaron en caña planta, dos épocas de plantación y tres cultivares comerciales: C1051-73, My5514 y C8612. Los componentes del crecimiento se evaluaron mensualmente, desde 9 y hasta 19 meses de edad de la plantación. Se aplicaron las técnicas de regresión y las de análisis de homogeneidad de pendientes. La elongación muestra correlación significativa ( $p < 0,01$ ) con el contenido hídrico del tallo, sus valores oscilan entre 0,13 y 0,26 cm por cada  $\text{cm}^3$  de agua en los tejidos. El diámetro no presentó modificaciones de interés, por su parte, el volumen del tallo registra en las ecuaciones generales, coeficientes de regresión que indican aumentos que van desde 1,54 a 1,64  $\text{cm}^3$  por  $\text{cm}^3$  de agua, según los ciclos de plantación. El follaje presentó una tasa de aumento entre 15,48 y 24,31  $\text{cm}^2$  por  $\text{cm}^3$  de agua en la lámina foliar. Los resultados señalan de forma cuantitativa la influencia del agua en la productividad primaria.

**Palabras claves:** Crecimiento, tallo, follaje.

## **INTRODUCCION**

El crecimiento de la caña de azúcar, y el de los vegetales en general, depende en gran medida de la interacción de factores internos y externos. El estudio de tales influencias resulta muy complejo, debido a que no siempre es posible aislar el efecto de cada factor en particular, no obstante, reviste gran interés establecer, al menos de forma aproximada, la relación entre el crecimiento y determinados factores, que por su importancia son particularizados en cualquier análisis.

Como el crecimiento es en lo fundamental un proceso de elongación celular asociado a la asimilación de agua por los tejidos, el objetivo de este trabajo fue analizar y cuantificar la relación entre el contenido de agua de la planta de caña y la proporción de elongación, diámetro y volumen del tallo, así como la dependencia entre el contenido hídrico y el área del follaje de un tallo, teniendo en cuenta que la comprensión de la fisiología del crecimiento puede contribuir al aumento de la productividad.

## **MATERIALES Y METODOS**

El ensayo se llevó a cabo en áreas de la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Camagüey (INICA-MINAZ), ubicada sobre un Inceptisols (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2006) y clima caracterizado por temperaturas máxima y mínima anuales (10 años) de 31,19°C y 21,21°C respectivamente, precipitaciones medias de 1 401,41 mm y una humedad relativa de 79,12 %.

Las variedades estudiadas fueron: C1051-73, My5514 y C86-12, plantadas en los ciclos de primavera y frío, junio y octubre de 2003 respectivamente. Se evaluaron diferentes estadios de crecimiento a edades que van desde los 9 y hasta los 19 meses, en cada muestreo se tomaron cuatro repeticiones de cinco tallos completos separados por variedad y ciclo.

Las plantas se dividieron en hojas y tallos, y se midieron las longitudes y diámetros de estos como premisa para la obtención de los respectivos volúmenes, por su parte el área foliar de cada tallo se estimó según metodología propuesta por *Lerch y otros, 1977*.

Para establecer las tasas de incrementos de cada variable en su relación con el contenido hídrico del tejido implicado, se calcularon las ecuaciones lineales correspondientes y se aplicaron para su contraste las pruebas de homogeneidad de los coeficientes de regresión, según los estadígrafos t y F, (Gómez y Gómez, 1984).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla I muestra la relación entre el contenido hídrico y la elongación de los tallos, según variedades y ciclos de plantación. Se observa de modo general que los coeficientes de determinación y el grado de significación del modelo resultaron consistentes. El cultivar C1051-73 presentó en ambos ciclos de plantación tasas de incremento que oscilaron entre 0,23 y 0,26 cm por cada cm<sup>3</sup> de agua contenida en el tejido de los tallos. Estos valores resultaron más altos que los alcanzados por las variedades My5514 y C86-12, aunque las pruebas de homogeneidad de los coeficientes de regresión no detectaron diferencias estadísticas.

**Tabla I. Ecuaciones de regresión que describen la relación entre el contenido de agua de los tallos y su elongación.**

C.P.	Var.	Ecuación	r <sup>2</sup>	T.I	Prob.F.
Frío	C1051-73	Y=33,01907+0,26256X	0,9247	0,26256	**
	My5514	Y=89,56258+0,14388X	0,6716	0,14388	**
	C86-12	Y=66,50646+0,15934X	0,6206	0,15934	**
Primavera	C1051-73	Y=55,10467+0,23027X	0,9769	0,23027	**
	My5514	Y=53,36977+0,17042X	0,9627	0,17042	**
	C86-12	Y=72,83442+0,12948X	0,9193	0,12948	**

C.P.= Ciclo de Plantación. Var.= Variedad, X= Contenido de agua en los tallos, T.I=Tasa de Incremento= (cm/cm<sup>3</sup> de agua) \* P<0,05, \*\* P<0,01

Las ecuaciones generales que integran toda la información disponible muestran por sus coeficientes de correlación (r<sup>2</sup>) que más del 75 % de los casos se ajustan al tipo de modelo seleccionado. La estación no parece influir en las tasas de elongación de los tallos, ya que las pendientes de las ecuaciones lineales correspondientes a penas difieren (Tabla II).

**Tabla II. Ecuaciones generales que describen la relación entre el contenido hídrico de los tallos y su elongación, según ciclos de plantación.**

C.P.	Ecuación	r <sup>2</sup>	T.I	Prob.F.
Frío	Y=94,69585+0,14545X	0,7645	0,14545	**
Primavera	Y=80,77273+0,14226X	0,9064	0,14226	**

C.P.= Ciclo de plantación; X= Contenido de agua en los tallos, T.I= Tasa de Incremento (cm/cm<sup>3</sup> de agua)  
\*P<0,05; \*\*P<0,01.

El crecimiento es un proceso de elongación celular asociado con el abastecimiento de agua en los tejidos (Dillewijn, 1967). La división celular no es por si misma un mecanismo de crecimiento, ya que no siempre produce incremento de la estructura implicada. La entrada de agua, sin embargo, incrementa el volumen celular, lo que hace que la pared pierda rigidez, la irreversibilidad del proceso se logra cuando esta adquiere nuevamente su consistencia normal (Fosket, 1994; Steeves y Sussex, 1989).

### Relaciones entre el contenido hídrico del tallo y el diámetro

La asociación entre las variables contenido hídrico del tallo y diámetro muestra consistencia de la relación en casi todos los casos, sólo los cultivares My5514 y C86-12 en la estación de frío no resultaron estadísticamente significativos (Tabla III).

**Tabla III. Ecuaciones de regresión que describen la relación entre el contenido de agua de los tallos y su diámetro.**

C.P.	Var.	Ecuación	r <sup>2</sup>	T.I	Prob.F.
Frío	C1051-73	Y=2,15484+0,00073X	0,4739	0,00073	*
	My5514	Y=2,43091+0,00047X	0,3435	0,00047	n.s
	C86-12	Y=2,71321+0,00025X	0,0390	0,00025	n.s
Primavera	C1051-73	Y=2,24852+0,00048X	0,4346	0,00048	*
	My5514	Y=2,54337+0,00047X	0,7347	0,00047	**
	C86-12	Y=2,52710+0,00062X	0,7630	0,00062	**

C.P.= Ciclo de Plantación, Var.= Variedad, X= Contenido de agua en los tallos, T.I= Tasa de Incremento=(cm/cm<sup>3</sup> de agua) \* P<0,05; \*\* P<0,01, n.s=no significativo.

Los pequeños valores de las pendientes sugieren variaciones apenas perceptibles en el diámetro. Las ecuaciones generales muestran idéntica tendencia (Tabla IV.).

**Tabla IV Ecuaciones generales que describen la relación entre el contenido hídrico de los tallos y su diámetro.**

C.P.	Ecuación	r <sup>2</sup>	T.I	Prob.F.
Frío	Y=2.39019+0,00052X	0,2623	0,00052	**
Primavera	Y=2,33389+0,00068X	0,6276	0,00068	**

C.P.= Ciclo de plantación; X= Contenido de agua en los tallos, T.I= Tasa de Incremento (cm/cm<sup>3</sup> de agua)

\*P<0,05; \*\*P<0,01.

Estas pequeñas tasas de incremento reflejan el hecho de que son escasos los géneros de monocotiledóneas que tienen crecimiento secundario, ellas contienen en el meristemo todos los tejidos del tallo definitivo, que luego se transforma en tejidos adultos (*Gola, Negri y Cappelletti, 1969*).

### **Relaciones entre el contenido hídrico del tallo y el volumen.**

El volumen del tallo, muestra según las ecuaciones lineales obtenidas proporciones de variación explicada que en todos los casos supera el 90 % (Tabla V).

La variable volumen del tallo, considerado en ciertos casos como criterio del rendimiento agrícola (*Ladd, y otros, 1979*), presenta tasas de incremento que varían según el cultivar y la estación, en todos los casos la C1051-73 alcanza valores ligeramente superiores, aunque los análisis de homogeneidad de las pendientes no avalan estadísticamente estas diferencias.

**Tabla V. Ecuaciones de regresión que describen la relación entre el contenido de agua de los tallos y su volumen.**

C.P.	Var.	Ecuación	r <sup>2</sup>	T.I.	Prob.F.
Frío	C1051-73	Y=110,58481+1,89433X	0,9051	1,89433	**
	My5514	Y=90,43407+1,53229X	0,9578	1,53229	**
	C86-12	Y=94,94448+1,88887X	0,9513	1,88887	**
Primavera	C1051-73	Y=43,27029+1,65749X	0,9559	1,65749	**
	My5514	Y=122,14466+1,51592X	0,9804	1,51592	**
	C86-12	Y=141,94532+1,52726X	0,9492	1,52726	**

C.P.= Ciclo de Plantación, Var.= Variedad, X= Contenido de agua en los tallos, T.I=Tasa de Incremento=(cm/cm<sup>3</sup> de agua) \* P<0,05; \*\* P<0,01

El análisis integrado de toda la información, particularizando los ciclos de siembra, muestra tasas de incremento del volumen muy uniformes (1,54-1,64cm<sup>3</sup>), lo que de algún modo indica la escasa influencia de la estación (Tabla VI).

**Tabla VI. Ecuaciones generales que describen la relación entre el contenido hídrico de los tallos y su volumen.**

C.P.	Ecuación	r <sup>2</sup>	T.I.	Prob.F.
Frío	Y=56,57978+1,64349X	0,9238	1,64349	**
Primavera	Y=112,16705+1,54332X	0,9632	1,54332	**

C.P.= Ciclo de Plantación, X= Contenido de agua en los tallos, T.I.=Tasa de Incremento=( cm/cm<sup>3</sup> de agua)

\* P<0,05; \*\* P<0,01

El tallo es la parte económicamente útil de la planta, y un componente importante de la fitomasa, la capacidad de almacenamiento de sacarosa tiene una estrecha relación con la acumulación de biomasa en los tallos (*Muchow y otros, 1997*), esta relación identifica al crecimiento vegetativo como un importante elemento para definir el potencial azucarero de una plantación. El ritmo de crecimiento de los tallos establece el volumen total de tejidos disponibles para el almacenamiento, su condición de cultivo de desarrollo simultáneo promueve el curso paralelo de estos procesos, al menos en una proporción considerable de su período de crecimiento y desarrollo (*Cock 1983, 1984; El Sharkawy y Cock, 1987; Moore, 1989*), la disponibilidad de agua en los tallos constituye un factor de importancia no sólo en la formación de tejidos sino también en la acumulación de azúcar.

#### **Relaciones entre el contenido hídrico del follaje y el área.**

El análisis de regresión mostró en todos los casos una relación lineal alta (P<0,01). Según los ciclos de plantación, las tasas de incremento del área foliar en la My5514 alcanzaron valores de 19,69 y 24,31 cm<sup>2</sup>, estadísticamente superiores (P<0,01) al resto de los casos contrastados (Tabla VII).

**Tabla VII. Ecuaciones de regresión que describen la relación entre el contenido de agua del follaje y el área total.**

C.P.	Var.	Ecuación	r <sup>2</sup>	T.I.	Prob.F.
Frío	C1051-73	Y=1287,27290+15,48532X	0,7082	15,48532	**
	My5514	Y=1234,16871+19,69051X	0,7780	19,69051	**
	C86-12	Y=1237,75810+17,40455X	0,7331	17,40455	**
Primavera	C1051-73	Y=1440,40571+16,15199X	0,5874	16,15199	**
	My5514	Y=1285,02760+24,31024X	0,6855	24,31024	**
	C86-12	Y=2132,77101+16,30263X	0,6955	16,30263	**

C.P.= Ciclo de Plantación, Var.= Variedad, X= Contenido de agua en el follaje, T.I.= Tasa de Incremento=( cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup> de agua). \* P<0,05; \*\* P<0,01

Por otra parte, se observa que la proporción de incremento del área foliar, en relación a cada cm<sup>3</sup> de agua contenida en el tejido, resulta claramente superior (P<0,01) en la estación de primavera (Tabla VIII).

**Tabla VIII. Ecuaciones generales que describen la relación entre el contenido de agua del follaje y el área total.**

C.P.	Ecuación	r <sup>2</sup>	T.I.	Prob.F.
Frío	Y=1284,35562+17,17644X	0,7205	17,17644	**
Primavera	Y=1153,68943+23,37736X	0,6857	23,37736	**

C.P.= Ciclo de Plantación, X= Contenido de agua en las hojas de un tallo, T.I.= Tasa de Incremento=(cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup> de agua) \* P<0,05; \*\* P<0,01

Resultados obtenidos en condiciones semicontroladas, demuestran que el área foliar disminuye desde 4500 cm<sup>2</sup>/planta a un 80 % de la capacidad de campo (cc) hasta alrededor de 1500 cm<sup>2</sup>/planta en condiciones de sequía con 40 % de la capacidad de campo (cc) (Balbín, Ortega y Valdés, 1996). El efecto del stress hídrico se aprecia usualmente en los vegetales, como una depresión de la fotosíntesis y el crecimiento (Cornic y Massacci, 1996; Mwanamwenge y otros., 1999), entre otras causas por la disminución en la asimilación de CO<sub>2</sub> en las hojas (Lawlor y Uperty, 1993; Yordanov y otros., 1997). Estimamos que el contenido de agua en los tejidos incide en la variación del área foliar tanto en la expansión de las hojas como en la disminución de la tasa de senescencia.

## CONCLUSIONES

El cultivar C1051-73 mostró en ambos ciclos de plantación tasas de elongación del tallo superior en términos absolutos al resto de las variedades, aunque sin diferencias estadísticas comprobadas. Las estaciones presentaron valores muy homogéneos.

El diámetro del tallo no registra variaciones de interés, presumiblemente por la carencia de crecimiento secundario verdadero.

La proporción de incremento en el volumen del tallo fluctúa aproximadamente entre 1,51 y 1.89 cm<sup>3</sup>, según la variedad y la estación. Las tasas de incremento no muestran diferencias en frío y primavera.

El cultivar My5514 presentó en los dos ciclos de plantación tasas de incremento del área foliar superiores (P<0,01), al resto de las variedades, aunque sin diferencias entre las épocas de siembra.

El incremento del área foliar resultó claramente superior (p<0,01) en la estación de primavera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balbín M. I., Ortega, E. y. Valdés, R. (1996). Cambios Fisiológicos de la Caña de Azúcar ante el Déficit Hídrico. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Cock, J.H. (1983). Cassava. In: Potential Productivity of Field Crops under Different Environments. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.341-360.
- Cock, J.H. (1984). Cassava. In: Goldsworthy, P. R. y Fisher, N. M. (eds). The Physiology of Tropical Field Crops. John Wiley & Sons, New York.
- Cornic, C. y Massacci, A. (1996). Leaf Photosynthesis under Drought Strees. In: Photosynthesis and Environment. Ed. N. R. Baker, Kluwer Acad.Publs., pp 347-366.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2006). Claves para la Taxonomía de Suelos. Décima Edición. Serv. de Conservación de Recursos Naturales, E.U.A.
- Dillewijn, C. Van (1967). Botánica de la Caña de Azúcar. Edición Revolucionaria. Instituto Cubano del Libro. La Habana.
- El Sharkawy, M. A. y Cock, J. H. (1987). Response of Cassava to Waters Stress. Plant and Soil 100: 345-360.
- Fosket D. E. (1994). Plant Growth and Development, a Molecular Approach. San Diego, Academic Press.
- Gómez, Kwanchai y Gómez, A. (1984). Statistical Procedures for Agricultural Research. John Wiley & Sons, New York.
- Gola, G.; Negri, G. y Cappelletti, C. (1969). Tratado de Botánica. Edición Revolucionaria. Instituto Cubano del Libro. La Habana.
- Ladd, S.L., Heinz, D.J, Meyer, H. K., Nishimoto, B. K. (1974). Selection studies in sugarcane (Saccharum sp. Hybrids). I. Repeatability between selection stages. Proc. ISSCT, 15:102-105.



- Lawlor, D.W., Uperty, D. C. (1993). Effects of Water Stress on Photosynthesis of Crops and the Biochemical Mechanisms. In: Photosynthesis: Photoreactions to Plant Productivity. Eds. Y. P. Abrol, P. Mohanty, Govindjee, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, The Netherlands.
- Lerch, G., Reyes, García, R. y Leal, P. P. (1977). Crecimiento, Desarrollo, y Variación del Índice Refractométrico (brix) en Seis Variedades Destacadas. Rev. Ciencias de la Agricultura. 1:79-106.
- Moore, P. H. (1989). Physiological Basis for Varietal Improvement in Sugarcane. In Editors: K. Mohan Naidu, T. V. Sreenivasan y M. N. Premachandran. Sugarcane Varietal Improvement. Sugarcane Breeding Institute, Coimbatore, India. 19-55.
- Muchow R. C., Robertson, M. J. ., Wood, A. W. , Keating, B. A. (1997). Assessing Limits to Sugarcane Yield. Proceedings of Australia Society of Sugar Cane Technologist. Cairns, Australia.
- Mwanamwenge, J., Loss, S. P., . Siddique, K. H. M., Cocks, P. S. (1999). Effect of Water Stress during Floral Initiation, Flowering and Podding on the Growth and Yield of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Eur. J. Agron., 11, 1-11.
- Steeves, T. A., Sussex, I. M. (1989). Patterns in Plant Development. Cambridge University Press. Cambridge. England.
- Yordanov, I., Tsonev, T. , Goltsev, V. , Kruleva, L., Velikova, V., (1997). Interactive Effect of Water Deficit and High Temperature on Photosynthesis in Sunflower and Maize Plants. 1. Changes in the Parameters of Chlorophyll Fluorescence Induction Kinetics and Fluorescence Quenching. Photosynthetica, 33, 391-402.