

## **ESTUDIO DE FACTORES EDÁFICOS POTENCIALMENTE LIMITANTES DEL RENDIMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

**Vilma Contreras Muñoz\*** [hcontreras67@gmail.com](mailto:hcontreras67@gmail.com) [vcontreras@latroncal.com](mailto:vcontreras@latroncal.com)

**Nelson C. Arzola Pina\*\*** [arzolapina@yahoo.es](mailto:arzolapina@yahoo.es)

\* **Intendente de Fitosanidad e Investigaciones agrícolas, Ingenio ECUDOS S.A., Ecuador**

\*\* **Instituto Nacional de Investigaciones de la caña de azúcar de Cuba.**

**RESUMEN.** Se realizaron estudios bajo condiciones controladas con el propósito de contribuir en el conocimiento de la influencia de diferentes factores edáficos sobre la producción de biomasa y el contenido de azúcar de la caña de azúcar. Estos estudios se realizaron en macetas (tanques) de capacidad conocida (aprox.200L.) y de una altura de 90cm. Se encontró que: la inundación durante la plantación afecta la formación de raíces a partir de los 4 días; la de tallos, hojas y azúcar por tanque a partir de los 8 días e impide la brotación de las yemas a los 16 días. El mal drenaje afecta más durante la etapa de plantación del cultivo que durante el ahijamiento, lo que debe considerarse para seleccionar adecuadamente la época de plantación y las medidas de drenaje a utilizar en cada periodo. Con más del 40% de grava o menos de 40 cm. de profundidad efectiva del suelo, disminuye la biomasa formada en la parte aérea de la planta. En condiciones donde limitan los factores edáficos estudiados, generalmente disminuye la producción de caña, mientras incrementa el contenido de azúcar, lo que debería considerarse al establecer la programación de corte para la cosecha del cultivo.

**Palabras claves: factores edáficos limitantes, caña de azúcar, suelos**

**ABSTRACT.** Studies were conducted under controlled conditions in order to contribute to the understanding of the influence of various soil factors on the production of biomass and sugar content of sugarcane. These studies were conducted in containers (tanks) of known capacity (aprox.200L.) and a height of 90cm. There was found that: the flooding at planting affects the formation of roots from 4 days; the stems, leaves and sugar/ tank from 8 days, and there was not sprouting at 16 days of flooding. Affects more poor drainage during the stage of planting than during tillering, which should be considered to properly select the time of planting and drainage measures to use in each period. With more than 40% gravel or less than 40 cm. effective soil depth, decreased the biomass formed in the aerial part of the plant. In conditions where limiting soil factors studied, generally decreases the production of sugarcane biomass, while increasing the sugar content, which should be considered in establishing the harvest period of the crop.

**Keywords: soil edafic factors limiting, sugarcane, soils**

## **INTRODUCCIÓN**

La agricultura, para ajustarse a los principios de la cumbre de Río, deberá garantizar conjuntamente con la obtención de elevados rendimientos por los cultivos, mejorar o al menos conservar la fertilidad de los suelos, evitar la contaminación de la biosfera y minimizar el desgaste de los recursos naturales del planeta. En correspondencia con ello, se realizó este estudio que persigue determinar bajo condiciones controladas, la influencia de la inundación, la profundidad efectiva y el contenido de gravas en el suelo sobre la cantidad y calidad de la caña de azúcar; con el deseo de que estos resultados contribuyan a: establecer una mejor selección de las tierras para el cultivo de la caña de azúcar, mejor ubicación de las variedades (atendiendo a sus exigencias) y a seleccionar un paquete tecnológico en las unidades mínimas de manejo agrícola diferenciado atendiendo a las características edáficas de cada una de ellas.

## **MATERIALES Y METODOS**

Se establecieron estudios bajo condiciones controladas para definir la influencia del drenaje, la graviliosidad y la profundidad efectiva del suelo sobre la producción de biomasa y el contenido de azúcar de la caña de azúcar. Estos estudios se realizaron en macetas (tanques) de capacidad conocida (aprox. 200L.), y de una altura de 90cm. En el fondo de la maceta se colocó 8cm. de grava, encima 2 cm. de arena y finalmente se ubicó un disco de maya plástica para facilitar el drenaje y colocar sobre esta la capa de suelo a una altura acorde a los propósitos del estudio. Se realizó una fertilización de fondo mezclando el fertilizante con el suelo antes de la plantación y el riego se realizó a capacidad de campo o por inundación según el tratamiento. Se establecieron 4 replicas en cada estudio.

a) Para estudiar el efecto del drenaje sobre la brotación se establecieron los tratamientos siguientes:

I.- Riego a capacidad de campo, II.- Inundado durante 2 días después de la plantación, III.- Inundado durante 4 días después de la plantación, IV.- Inundado durante 8 días después de la plantación, V.- Inundado durante 16 días después de la plantación.

b) Para estudiar el efecto del drenaje en el momento del ahijamiento, se establecieron los tratamientos antes mencionados (inciso a) cuando la plantación había alcanzado 4 meses de edad. Al igual que en ese caso un tratamiento permaneció a capacidad de campo, en los 4 restantes se colocó una lámina permanente de agua de 3 cm, los días indicados para el tratamiento en cuestión.

c) Para estudiar el efecto del contenido de gravas los tratamientos se establecieron en porcentaje de gravas dentro del volumen total (suelo más grava) y fueron: I.- Sin gravas (Testigo), II. - 10 % de gravas, III. - 20% de gravas, IV. - 40% de gravas, V.- 60% de gravas

d) Para estudiar el efecto de la profundidad efectiva se selecciono un suelo de textura gruesa y se estableció como impedimento físico para limitar la profundidad efectiva de cada tratamiento, la colocación de gravas desde el fondo de la maceta hasta la altura deseada, encima se coloco la capa de suelo correspondiente. Se establecieron los tratamientos siguientes: I.-10cm. de profundidad, II.-20 cm. de profundidad, III.-30 cm. de profundidad, IV.- 40 cm. de profundidad, V.-50 cm. de profundidad,VI.-60 cm. de profundidad

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **a) Efecto del drenaje durante la brotación**

La inundación temporal afecto el sistema radical cuando el esqueje permaneció bajo agua durante 4 días, ocasionando reducción del mismo en un 35.75%.A los 8 días de inundación la afectación del sistema radical resultó más marcada (58.52%) y no broto la planta a los 16 días de inundación (Tabla 1).

La inundación afecta la formación de tallos, hojas y el azúcar por tanque después de los 4 días de inundación, mientras sucede lo contrario con el contenido de azúcar de los tallos pues todas las variantes con inundación superan al riego a capacidad de campo (excepto cuando se llega a la mortalidad de las plantas, a los 16 días de inundación).

El problema del sobre humedecimiento del suelo es mundial, se estima que el 6% de la superficie terrestre está ocupada por áreas anegadas o propensas a un encharcamiento temporal (Maltby, 1991). En los suelos con estas características la difusión de los gases a la atmósfera se afecta seriamente, se reducen rápidamente los niveles de oxígeno y se favorecen los procesos de reducción de diferentes sustancias (Gomes de Moraes et al., 2001), perjudicial para el buen desarrollo del sistema radical.

Tabla 1. Efecto de la inundación temporal durante la brotación sobre algunos indicadores de calidad y biomasa formada por el cultivo de la caña de azúcar (Suelo arcilloso pesado; variedad Ragnar).

Tratamientos	Peso raíces/ tanque(g)	Kg. azúcar/ t caña	kg. azúcar/ tanque	Peso total tallos y hojas	
				verde	secas
1. Riego Capc. Campo	373.70 <sup>a</sup>	78.95 <sup>b</sup>	0.74 <sup>a</sup>	11640.00 <sup>a</sup>	4618.06 <sup>a</sup>
2. Inundado por 2 días	355.60 <sup>a</sup>	87.77 <sup>a</sup>	0.77 <sup>a</sup>	11090.00 <sup>a</sup>	4506.22 <sup>a</sup>
3. Inundado por 4 días	240.10 <sup>b</sup>	90.19 <sup>a</sup>	0.74 <sup>a</sup>	10685.00 <sup>a</sup>	4703.97 <sup>a</sup>
4. Inundado por 8 días	155.00 <sup>c</sup>	87.19 <sup>a</sup>	0.50 <sup>b</sup>	7507.50 <sup>b</sup>	3181.42 <sup>b</sup>
5. Inundado por 16 días	0.00 <sup>d</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>
CV	9.90	4.75	15.21	13.63	16.61
Significancia	**	**	**	**	**

#### **b) Efecto del drenaje durante la etapa de ahijamiento**

A partir de los 4 días de inundación en adelante se presentó un amarillamiento en las hojas, tallos delgados, entrenudos cortos y las raíces comenzaron a aflorar a la superficie en busca de oxígeno. A medida que se alargaba el tiempo de permanencia de inundación las afectaciones mencionadas fueron más notorias, llegando a apreciarse a los 16 días de inundación una pérdida de brotes de 17.39%; lo cual supera varias veces el 3.09% de pérdida encontrado a los 8 días.

En la **Tabla 2** se presentan los resultados de las evaluaciones realizadas en la cosecha. No se encontró diferencia significativa entre tratamientos en ninguno de los componentes de la parte aérea de la planta evaluada, en tanto que, el peso de las raíces a partir de los 4 días de inundación disminuyó significativamente, acentuándose esa afectación con la prolongación ese periodo de inundación (Maltby, 1991),

Tabla 2. Efecto de la inundación temporal durante el ahijamiento sobre algunos indicadores de calidad y biomasa formada en el cultivo de la caña de azúcar en la variedad Ragnar en Suelo arcilloso pesado (Vertic Ustropect).

Tratamientos	Peso raíces/ tanque (g)	kgaz/ t .caña	Kg az/ tanque	Peso total tallos y hojas (kg)	
				Verde	Secas
1. Riego Capac. Campo	379.7a	92.60a	0.85a	12370a	5073.73a
2. Inundado por 2 días	371.0a	93.23a	0.80a	12125a	5356.33a
3. Inundado por 4 días	347.3 b	95.55a	0.82a	11705a	5357.85a
4. Inundado por 8 días	277.6 c	95.38a	0.78a	11175a	5051.80a
5. Inundado por 16 días	281.1 c	95.18a	0.71a	10125a	4899.36a
<b>CV</b>	<b>2.92</b>	<b>4.17</b>	<b>9.24</b>	<b>9.58</b>	<b>13.37</b>
<b>Significancia</b>	<b>**</b>	Ns	ns	ns	ns

### c) Efecto de la graviliosidad

Como se puede apreciar en la Tabla 3, a pesar de haberse establecido este estudio con una excelente profundidad de suelo (60 cm)., por encima del 40% de grava se afecta la biomasa formada en la parte aérea de la planta, mientras que el sistema radical es afectado por encima del 20% de grava, en mayor medida, mientras más abundan estas. Los Kg de azúcar/t de caña, incrementan en general, a medida que aumenta el contenido de grava, lo que significa que un alto contenido de la misma en el suelo ocasiona menor rendimiento agrícola pero mayor industrial, esto explica que no se aprecie disminución del azúcar por tanque al aumentar el contenido de gravas, excepto cuando este indicador alcanza 60% de gravas.

Atendiendo a estos resultados la producción de azúcar por unidad de superficie agrícola en suelos profundos (60cm.), podría no estar limitada por su contenido de gravas, siempre que no se alcancen contenidos extremadamente altos de gravas (60%) y se empleen medidas que contrarresten la menor fertilidad de los suelos con esa limitación, como son: plantación a distancias estrechas, mayor empleo de fertilizantes, enmiendas orgánicas y riego.

Las gravas representan un factor limitante para la mecanización y de ser el suelo poco profundo su influencia negativa sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo seguramente será más acentuado que lo encontrado en este estudio, por lo que estos resultados no deben ser extrapolados a otra condición.

Tabla 3. Influencia del contenido de grava del suelo, sobre algunos indicadores de calidad y biomasa formada por el cultivo de la caña de azúcar (Suelos de textura gruesa; variedad Ragnar).

Tratamientos	Peso raíces/ tanque (g)	Kg. azúcar/ caña	Kg azúcar/ tanque	Peso total talbs y hojas(g)	
				verde	secas
1.- sin gravas	1528.47a	84.86bc	0.61ab	9600.00a	3437.62ab
2.- 10% gravas	1532.20a	83.35 c	0.60ab	9653.33a	3682.08ab
3.- 20% gravas	1451.97a	88.64abc	0.64ab	9520.00a	3657.51ab
4.- 40% gravas	1246.10b	93.90ab	0.74a	10186.67a	4195.45a
5.- 60% gravas	706.83c	96.70a	0.42b	5853.33b	2674.96b
C.V.	0.17	3.76	14.76	1099	12.61
Significancia	**	**	*	**	*

#### **d) Efecto de la profundidad efectiva**

La formación de raíces y de biomasa en la parte de la planta sobre el suelo es mayor cuando aumenta la profundidad del suelo. Con menos de 20 cm. se afecta el sistema radical y con menos de 40cm. la biomasa de la planta sobre el suelo y la cantidad de azúcar por tanque; este efecto resulta pronunciado con menos de 30 cm., lo que esta en correspondencia con resultados reportados anteriormente por otros autores (Roldós et al., 1985; Balmaseda y Ponce de León, 1999; Marin, 2005): contrariamente, el contenido de azúcar de la caña es mayor a menor profundidad efectiva del suelo (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto de la profundidad efectiva, sobre algunos indicadores de calidad y biomasa formada en el cultivo de la caña de azúcar (Suelo de textura gruesa; variedad Ragnar).

Tratamientos	Peso raíces/ tanque (g)	Kg de azúcar/ t de caña	Kg azúcar/ tanque	Peso total tallos y hojas(g)	
				verde	Secas
1.- (0-10 cm.)	430.35b	100.37a	0.26c	3360.00d	1599.18d
2.- (0- 20cm.)	676.73a	95.38ab	0.50b	6570.00c	2994.17c
3.- (0-30cm.)	530.03ab	92.34ab	0.59ab	8345.00b	3368.12bc
4.- (0- 40cm.)	545.78ab	89.65bc	0.63a	9345.00ab	3747.18abc
5.- (0-50cm.)	565.03ab	87.14bc	0.66a	10185.00a	4398.39a
6.- (0- 60cm.)	646.55a	80.40c	0.65a	10335.00a	3990.59ab
C.V.	14.46	5.03	9.63	7.47	9.99
Significancia	**	**	**	**	**

En caso de no ser posible incrementar la profundidad efectiva, las medidas deben consistir en mejorar la fertilidad, de esa delgada capa de suelo, mediante el empleo de abonos orgánicos y minerales y el suministro de agua con el riego, también es conveniente la utilización de distancias estrechas de plantación. En terrenos con pendiente, en los cuales la erosión causa pérdidas de la capa arable, es importante evitar o atenuar ese proceso, para conservar la poca profundidad del suelo.

#### e) **Consideraciones generales**

La presencia de factores edáficos como drenaje, profundidad efectiva o contenido de gravas a determinado nivel o rango limita la formación de biomasa por el cultivo y ocasiona, una menor producción de caña y de azúcar por unidad de superficie y un mayor contenido de azúcar por t de caña.

Cualquiera de los factores mencionados, cuando son limitantes, pueden originar estrés hídrico y como respuesta al mismo aumenta la concentración de ácido abscísico (ABA), hormona que ocasiona el cierre de los estomas, disminución de la transpiración y del crecimiento de la planta (Lucía Quemada, 2005). Al no crecer la planta, se afecta el rendimiento agrícola, pero se acumula sacarosa.

Si los factores edáficos son limitantes y no se pueden corregir, disminuye la eficiencia de los fertilizantes, se requiere por esa razón de mayores dosis y se elevan los costos y la contaminación del entorno. Si este efecto es muy pronunciado, no resulta sostenible la producción de caña y debe buscarse otra opción de uso a la tierra.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. La inundación durante la plantación afecta la formación de raíces a partir de los 4 días y la de tallos, hojas y azúcar por tanque a partir de los 8 días (siempre que no sea nula la brotación como sucede a los 16 días de inundación).
2. El mal drenaje afecta mucho más durante la etapa de plantación del cultivo que durante el ahijamiento, lo que debe considerarse para seleccionar adecuadamente la época de plantación y las medidas de drenaje para cada periodo.
3. Con más del 40% de grava en el suelo de textura gruesa, disminuye la biomasa formada en la parte aérea de la planta, mientras el contenido de azúcar en la caña se favorece.
4. La producción de biomasa de la parte aérea de la planta se afecta cuando la profundidad efectiva del suelo disminuye por debajo de 40 cm., ello se agrava con menos de 30 cm. de profundidad, mientras que, en general, se beneficia el contenido de azúcar de la caña al disminuir la profundidad efectiva del suelo.
5. En condiciones donde limitan fuertemente los factores estudiados, generalmente disminuye la producción de caña, mientras incrementa el contenido de azúcar de la caña, lo que debería considerarse al establecer la programación de corte de las unidades de producción.
6. Los valores límites encontrados para los diferentes factores edáficos estudiados pueden servir de orientación para seleccionar las prácticas agrícolas a utilizar de acuerdo a la limitación edáfica existente en cualquier unidad mínima de manejo agrícola.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Balmaseda y Ponce de León: El recurso suelo en el cultivo de la caña de azúcar. SERFE, 1999.

Gomes de Moraes, M.; Donizate Alves, J.; Mota de Oliveira, L.; Vitorino, P.; Murad, M.: Caracterización do crescimento e da atividade das desidrogenases alcoólica e láctica em seis espécies herbáceas sob condições de hipoxia. Ciencia y agrotecnología, 25 (1) (2001): 86-95pp.

Maltby, E. Wetlands their status and role in the biosphere. In. Jackson, M.; Davies, D.; Lambers, H. Plant life under oxygen deprivation. Ecology, physiology and biochemistry SPB Scademic, the Hague (1991): 3-21pp.

Marín, R.: Comunicación personal. Datos obtenidos del informe del estudio de suelo en el ingenio Ecudos, 2005.

Lucía Quemada Garrido: Naturaleza química. Metabolismo. Niveles endógenos. Efectos fisiológicos. Mecanismo y modo de acción Receptores. [Http://es.wikipedia.org/wiki/%81cido\\_absorc%C3%ADsico](http://es.wikipedia.org/wiki/%81cido_absorc%C3%ADsico). 2005.

Roldós J., Rubio, R., Marín, R.: Algunos factores edáficos limitantes de la producción de caña de azúcar en Cuba. Mimeografiado, INICA, La Habana, Cuba, 1985: 62pp.